กรณีศึกษาและออกแบบปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้พีแอลซี

A CASE STUDY AND DESIGN FACTORY AUTOMATION SYSTEMS IN AUTOPARTS MANUFACTURING ENHANCEMENT USING PLC

บัญชา ทรงศักดิ์ศรี

BANCHA SONGSAKSRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-020-124

กรณีศึกษาและออกแบบปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้พีแอลซี

A CASE STUDY AND DESIGN FACTORY AUTOMATION SYSTEMS IN AUTOPARTS MANUFACTURING ENHANCEMENT USING PLC

บัญชา ทรงศักดิ์ศรี

BANCHA SONGSAKSRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-020-124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A CASE STUDY AND DESIGN FACTORY AUTOMATION SYSTEMS IN AUTOPARTS MANUFACTURING ENHANCEMENT USING PLC

BANCHA SONGSAKSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-EN-M-020-124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กรณีศึกษาและออกแบบปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้พีแอลซี

Thesis Title A Case Study and Design Factory Automation in Autoparts Manufacturing Enhancement using PLC

นักศึกษา นายบัญชา **ทรงศักดิ์ศรี**

รหัสประจำตัว 54610611

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-020-124

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ชาย	ชมภูอินไหว	
รศ.ดร.มณฑล	ลีลาจินดาไกรฤกษ์	
รศ.ดร.กีรติ	ชยะกุลคีรี	
ดร.เปี่ยมภูมิ	สฤกพฤกษ์	
ผศ.ดร.เชาว์	ชมภูอินไหว	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 09.30-11.30 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 5

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กรณีศึกษาและออกแบบปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้พีแอลซี
นักศึกษา	นายบัญชา ทรงศักดิ์ศรี
รหัสประจำตัว	54610611
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอกรณีศึกษาและออกแบบปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์โดยการใช้งานพีแอลซี (Programmable Logic Controller : PLC) ร่วมกับการนำหุ่นยนต์แขนกล (Robotics) มาใช้เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรและแรงงานที่มีฝีมือ รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพ และ กำลังการผลิต โดยจะยกตัวอย่าง ปัญหาในไลน์การผลิตโครงช่วงล่าง (Chassis : แชสซีส์) ของรถกระบะขนาดหนึ่งตันในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง ซึ่งผลที่ได้จากการออกแบบ และ ติดตั้งระบบที่นำเสนอ พบว่าเป็นที่น่าพอใจ ทั้งในแง่ของคุณภาพของชิ้นงาน และ กำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น จากผลของรอบเวลาการทำงานที่สั้นลง ทั้งนี้ระบบดังกล่าวยังสามารถที่จะรองรับการขยายกำลังการผลิตได้ในอนาคตอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Case Study and Design of Factory Automation Systems In Autoparts Manufacturing Enhancement Using PLC
Student	Mr.Bancha Songsaksri
Student ID.	54610611
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Chow Chompoo-inwai

ABSTRACT

This Thesis presents a case study and design of factory automation systems in autoparts manufacturing enhancement using Programmable Logic Controller (PLC) combine with the robotics to improving the issue from insufficient human resources and labor skill and increasing in efficiency and capacity of the production line chassis (One Metric Ton Frame Assembly Line) somewhere automotive factory. The results from designing and installing the proposed systems are satisfied both in terms of quality and productivity. Furthermore, the systems can reduce cycle times and also able to support the expansion of production capacity in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประสบความสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะทางวิชาการและการสนับสนุนข้อมูลในด้านต่างๆ ตลอดถึงความเอาใจใส่เป็นอย่างดีจาก ท่านอาจารย์ ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของผู้วิจัย รวมถึง ท่านอาจารย์ ผศ.ดร.ชาย ชมพูอินไหว, ท่านอาจารย์ รศ.ดร.สมชาติ จิริวิภากร ทางผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณะคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหานลาดกระบัง ทุกๆท่านที่กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำทางวิชาการในด้านต่างๆ ที่เป็นประโยชน์และส่งเสริมในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ น.ส.รุจิรา ละกะเต็ม ที่ช่วยเหลือผู้วิจัยในทุกๆด้านด้วยดีเสมอมา รวมถึง พี่ๆ น้องๆ ในห้องปฏิบัติการณ์ศูนย์วิจัยพลังงานและวิศวกรรมการส่องสว่าง Energy System and Illumination Research Center (ESIRC) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือทั้งด้านความรู้ และกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ จนสำเร็จบรรลุผลได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณพี่สาวของผู้วิจัย นางมยุรี อิทธิอนันตเกษม ที่คอยเอื้อเฟื้อทุนในการศึกษาเล่าเรียนของผู้วิจัยตั้งแต่ยังเด็ก คอยช่วยเหลือ จุนเจือผู้วิจัยในทุกๆด้าน

ขอขอบใจลูกชายทั้ง 2 คนของผู้วิจัย ได้แก่ นายณัฏฐ์ ทรงศักดิ์ศรี และ ด.ช.วิศว์ ทรงศักดิ์ศรี ที่เป็นเด็กดีของผู้วิจัย และทำให้ผู้วิจัยมีกำลังใจในการต่อสู้ชีวิตเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบุคคลที่มีความสำคัญที่สุดในชีวิตของผู้วิจัย ผู้ที่ให้กำเนิด ส่งเสียเลี้ยงดูผู้วิจัยมาโดยตลอด ก็คือ เตี่ยเป่งย้ง - แม่กิมหลวน ทรงศักดิ์ศรี อันเป็นที่รักและเคารพที่สุดในชีวิตของผู้วิจัย ถึงแม้วันนี้ท่านทั้งสองจะไม่ได้อยู่ดูความสำเร็จของผู้วิจัยแล้วก็ตาม ความดีงามอันเกิดจากการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ พี่น้อง ลูกหลาน เพื่อนฝูง รวมถึงผู้มีพระคุณทุกๆท่าน ทั้งที่จำได้และจำไม่ได้ ผู้วิจัยขอระลึกในพระคุณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

บัญชา ทรงศักดิ์ศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3

1.4 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.6 โครงสร้างเนื้อหาภายในงานวิจัย 5

บทที่ 2 ทฤษฎีพีแอลซี (Programmable Logic Controller)

2.1 ชนิดของพีแอลซี 6

2.2 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมให้กับพีแอลซี 11

2.3 อุปกรณ์สำหรับการโปรแกรม 11

2.4 ระบบสื่อสารของพีแอลซี 13

2.5 โครงสร้างของพีแอลซี 14

2.6 การติดตั้งพีแอลซี 28

บทที่ 3 ทฤษฎีหุ่นยนต์เชื่อมแขนกล (Arc Welding Robotics)

3.1 ความเป็นมาและชนิดของหุ่นยนต์งานเชื่อม 34

3.2 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ 35

3.3 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 36

3.4 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 36

3.5 ระบบขับเครื่องของหุ่นยนต์ 37

3.6 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 40

3.7 การแบ่งหุ่นยนต์ตามลักษณะการควบคุม 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่นำเสนอ

4.1 แนวคิดและขั้นตอนในการออกแบบ 43

4.2 การออกแบบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ (Electrical Hard-wiring Drawing) 44

4.2.1 รับแบบ Jig Assembly Drawing, Air Schematic Drawing ของงาน 1 Ton Frame Assembly Line 44

4.2.2 การนับจำนวนอุปกรณ์ Input / Output 46

4.2.3 การเลือก PLC 71

4.2.4 ออกแบบวงจรกำลัง (Power Circuit) 72

4.2.5 ออกแบบวงจรควบคุม (Control Circuit) ชุดป้องกันความปลอดภัยของระบบทั้งหมด (Pokayoke System) 75

4.2.6 ออกแบบตู้เมนต์ควบคุมระบบ (Main Control Panel) 81

4.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับระบบพีแอลซี (PLC Programming) 82

บทที่ 5 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ

5.1 รายละเอียดขั้นตอนการ Down Load Software Back Up 92

5.2 รายละเอียดขั้นตอนการเช็คสัญญาณ Input / Output 93

5.3 รายละเอียดขั้นตอนการทดสอบในโหมด Manual 95

5.4 รายละเอียดขั้นตอนการทดสอบในโหมด Automation 96

5.5 รายละเอียดขั้นตอนการทดสอบความคงทน Endurance Test 96

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 การคำนวณ Cycle Time เทียบกับ Takt Time หลังจากปรับปรุง 97

6.2 บทสรุปด้านคุณภาพชิ้นงาน 98

6.3 ข้อเสนอแนะ 99

เอกสารอ้างอิง 100

ภาคผนวก ก 102

ภาคผนวก ข 200

ภาคผนวก ค 235

ประวัติผู้เขียน 242

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ข้อดีและข้อเสียของ PLC ชนิดบล็อก 7
2.2 ข้อดีและข้อเสียของ PLC ชนิดโมดูล 9
2.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติ PLC 10
2.4 ตัวอย่างคุณสมบัติภาคอินพุต (DC) 17
2.5 คุณสมบัติภาคอินพุต (AC) 18
2.6 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตชนิดรีเลย์ 21
2.7 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN 23
2.8 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP 25
2.9 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตแบบโซลิตสเตรทรีเลย์ (SSR) 26
3.1 ข้อดีและข้อเสียของระบบของการขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 37
3.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบของการขับเคลื่อนโดยใช้ระบบไฮดรอลิก 38
3.3 ข้อดีและข้อเสียของระบบของการขับเคลื่อนโดยใช้ลมหรือนิวแมติก 39
4.1 การกำหนดเบอร์และตำแหน่งของอุปกรณ์ โดยใชเลขฐาน 16 (0 - F) 46
5.1 ตารางการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติ 91
6.1 ตารางเปรียบเทียบรอบการทำงานหลังจากเปลี่ยนมาใช้ระบบ PLC 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 ไลน์การผลิตโครงช่วงล่างของรถกระบะหนึ่งตันของกรณีศึกษาที่กล่าวถึงในงานวิจัย 2

2.1 รูปร่าง PLC ชนิดบล็อก 6

2.2 โครงสร้างภายนอกของ PLC 7

2.3 รูปร่างของ PLC ชนิดโมดูล 8

2.4 ชนิดของ PLC ชนิดโมดูลที่ใช้คอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อ 8

2.5 ชนิดของ PLC ชนิดโมดูลที่ใช้ Backplane ในการเชื่อมต่อ 9

2.6 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ (Programming Console) 12

2.7 วิธีการต่อใช้งานคอมพิวเตอร์กับ PLC 12

2.8 ตัวอย่างซอฟต์แวร์ (CX-Programmer) 13

2.9 ระบบการติดต่อสื่อสารของ PLC ในโรงงานอุตสาหกรรม (PLC Network) 13

2.10 ไดอะแกรมภายใน PLC 14

2.11 อุปกรณ์อินพุตต่างๆ 16

2.12 วงจรอินพุตแบบ DC 16

2.13 การต่อวงจรอินพุตแบบ DC Source/Sink 17

2.14 วงจรอินพุตแบบ AC 18

2.15 การต่อวงจรอินพุตแบบ AC 18

2.16 สัญญาณแบบต่างๆ ที่ส่งให้อนาลอกอินพุต 19

2.17 ไดอะแกรมการส่งข้อมูลอนาลอกให้ PLC 19

2.18 วงจรอนาลอกอินพุตของ PLC 20

2.19 กลุ่มอุปกรณ์ที่ต่อกับภาคเอาต์พุตของ PLC 20

2.20 วงจรเอาต์พุตแบบรีเลย์ 21

2.21 วงจรภายในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN 22

2.22 การต่อใช้งานเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN 23

2.23 กราฟกระแส (IC) ขับโหลด 24

2.24 วงจรภายในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP 24

2.25 การต่อใช้งานเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP 24

2.26 วงจรภายในเอาต์พุตโซลิตสเตรทรีเลย์ 25

2.27 การต่อใช้งานเอาต์พุต SSR 26

2.28 ส่งสัญญาณแบบกระแส/แรงดันของอนาลอกเอาต์พุต 27

2.29 ตำแหน่งขั้วอนาลอกเอาต์พุต 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.30 ไดอะแกรมภาคแหล่งจ่ายไฟ PLC	27
2.31 ทิศทางในการติดตั้งที่ไม่ถูกต้อง	28
2.32 แนวทางการระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์	29
2.33 เส้นทางการย้อนกลับของ Noise	30
2.34 การใช้ฟิลเตอร์ด้านอินพุตเพื่อลดผลของ Noise	30
2.35 การใช้ฟิลเตอร์ด้านเอาต์พุตเพื่อลดผลของ Noise	31
2.36 การเดินสายไฟที่แยกท่อและราง	32
2.37 วงจรลดปัญหา Surge	32
2.38 กราฟอายุการใช้งานของแบตเตอรี่	33
3.1 การกำหนดตำแหน่งการทำงานของแขนหุ่นยนต์	40
3.2 ส่วนของตัวถังรถยนต์เกือบทั้งหมดทำการเชื่อมจุด (Spot Welding) ด้วยหุ่นยนต์	41
3.3 ส่วนของเฟรมรถยนต์ทำการเชื่อมอาร์ก (Arc Welding) ด้วยหุ่นยนต์	42
4.1 ภาพรวมของแนวคิดและขั้นตอนในการออกแบบ	43
4.2 แบบ Jig Assembly Drawing (Side View)	44
4.3 แบบ Jig Assembly Drawing (Top View)	44
4.4 แบบ Air Schematic Diagram ที่ใช้ควบคุมระบบ	45
4.5 Layout ของไลน์การผลิตโครงช่วงล่าง Station Full Welding No.1 (Top View)	45
4.6 Layout ของไลน์การผลิตโครงช่วงล่าง (Front View)	45
4.7 Layout PLC แบบ Modular	72
4.8 วงจรกำลังสำหรับชุดสายพานลำเลียงและชุดเลื่อนชิ้นงาน	73
4.9 วงจร Inverter ควบคุมความเร็วรอบชุดสายพานลำเลียงและชุดเลื่อนชิ้นงาน	74
4.10 วงจรจ่ายไฟเลี้ยงให้อุปกรณ์ต่างๆ	75
4.11 วงจรควบคุมระบบทั้งหมด	76
4.12 วงจรควบคุมระบบทั้งหมด (ต่อ)	77
4.13 วงจรควบคุมรีเลย์สำหรับชุดขับเคลื่อน	78
4.14 วงจรควบคุมรีเลย์สำหรับชุด Solenoid Valve	79
4.15 วงจรควบคุมสำหรับ Robot Operation Panel	80
4.16 หน้าตู้เมนต์ควบคุม	81
4.17 อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม	82
4.18 หน้าตฺงของโปรแกรม GX Develop	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.19 สร้างโปรแกรมที่ต้องการออกแบบ 84
4.20 Dialogue Block ชื่อ New Project เพื่อใช้ตั้งค่าต่างๆ 84
4.21 โครงสร้างหน้าจอของโปรแกรม GX Developer 85
4.22 Timing Diagram แสดงการทำงานใน Manual Mode 85
4.23 Timing Diagram แสดงการทำงานใน Automation Mode 86
4.24 การตั้งค่า Program Capacity 87
4.25 การตั้งค่า I/O assignment 87
4.26 การตั้งค่า Device 88
4.27 การตั้งค่าParameter เสร็จสมบูรณ์ 89
4.28 การตั้งชื่ออุปกรณ์ 90
4.29 การบันทึกข้อมูลของโปรแกรมที่ออกแบบ 90
5.1 การตั้งค่าเตรียมดาวส์โหลดโปรแกรมลง CPU 92
5.2 การเซ็ตสาย Interface ให้มองเห็นระหว่าง CPU กับ Note Book 93
5.3 การดาวส์โหลดโปรแกรมลง CPU ของ PLC 93
5.4 การเช็คสัญญาณ Input / Output ของ PLC 94
5.5 บล็อคที่ใช้ตรวจเช็คสัญญาณ Input / Output ของ PLC 94
5.6 ขั้นตอนการตรวจเช็คสัญญาณ Input / Output ของ PLC 95
5.7 แผนภูมิการทำงานในโหมด Manual 95
5.8 แผนภูมิการทำงานในโหมด Automation 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

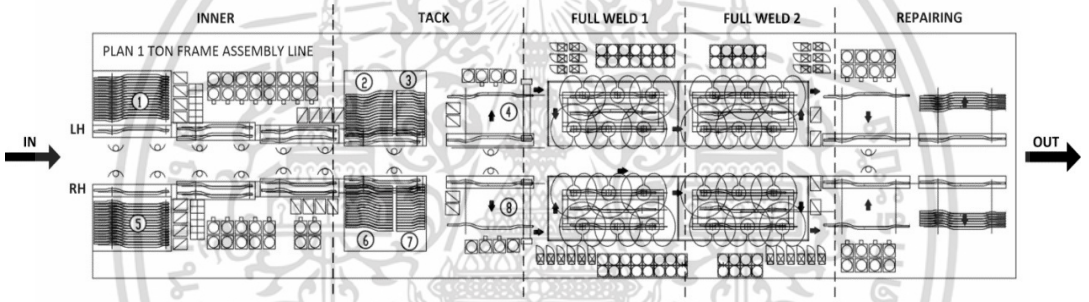
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ด้วยการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ (Automotive Manufacturing), และอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ (Auto Parts Manufacturing) ในประเทศไทยมีมาอย่างต่อเนื่องและมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ สามารถนำเข้าเงินตราต่างประเทศได้เป็นจำนวนมาก และสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศไทยได้อย่างมหาศาล แต่จากปัญหาหลักที่โรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต้องแก้ปัญหากันมาอย่างต่อเนื่อง ก็คือ การผลิตฯชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อส่งมอบให้กับลูกค้า (บริษัทแม่ที่จำหน่ายรถยนต์แต่ละยี่ห้อ) นั้นล่าช้า ไม่ตรงต่อเวลา , คุณภาพชิ้นส่วนยานยนต์ที่ยังไม่เป็นที่พึงพอใจของลูกค้า ไม่ได้ตามมาตรฐาน รวมถึงการผลิตฯชิ้นส่วนยานยนต์ไม่ทันตามกำหนดเวลาที่ลูกค้าต้องการ ทั้งนี้อาจจะสืบเนื่องมาจากปัญหา การขาดแคลนบุคลากรที่มีคุณภาพ ราคาค่าแรงที่ค่อนข้างแพง อีกทั้งปัญหาที่เกิดจากความเมื่อยล้าของแรงงานในการทำงานประจำ ซ้ำๆ ทุกๆ วัน (Man) , วัตถุดิบ (Raw Material) ที่ป้อนเข้าสู่ไลน์การผลิตฯ อาจจะไม่เพียงพอ , วิธีการทำงานที่สลับซับซ้อนเกินไป (Method) และเครื่องจักรหรือไลน์การผลิตฯ (Machines) ที่ใช้เทคโนโลยีในการผลิตฯ ที่ค่อนข้างจะล้าหลัง

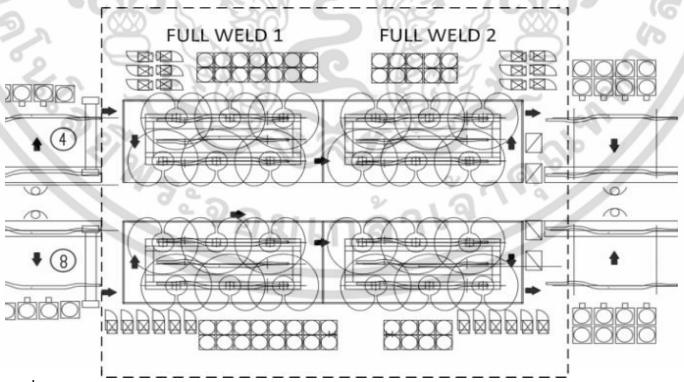
จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น การทำงานของกระบวนการผลิตเพื่อให้อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องจักรทำงานตามที่ต้องการ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสิ่งที่ควรจะต้องศึกษาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดนั้นเอง ระบบควบคุมอัตโนมัติที่กล่าวถึงในงานวิจัยนี้หมายรวมถึง การทำงานร่วมกันระหว่างระบบพีแอลซีและหุ่นยนต์แขนกลเพื่อทดแทนการทำงานของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง โดยวัตถุประสงค์หลักในการนำระบบควบคุมอัตโนมัติมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม คือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำในการทำงาน รวมถึงเพื่อประโยชน์ในการลดการใช้คนทำการควบคุมเครื่องจักรกลและดูแลการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งการป้อนวัตถุดิบเข้ากระบวนการผลิตซึ่งในการควบคุมการทำงานดังกล่าวจำเป็นจะต้องใช้คนงานที่รู้ถึงระบบการทำงานและต้องรู้ว่าต้องป้อนวัตถุดิบเท่าไรจึงจะได้ผลผลิตตามที่ต้องการ แต่เมื่อคนงานป่วยหรือลาออกจากงาน การที่จะหาคนมาแทนก็ทำเหมือนคนเก่าไม่ได้ดังนั้นระบบควบคุมอัตโนมัติจึงเข้ามามีบทบาทแทนคน จึงเป็นที่มาของบทความวิจัยนี้ ซึ่งได้หยิบยกกรณีศึกษาการแก้ปัญหาที่สัมฤทธิ์ผลแล้ว ในหัวข้อการปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้พีแอลซี (Programmable Logic Controller: PLC) ร่วมกับการนำหุ่นยนต์แขนกล ประเภท หุ่นยนต์เชื่อม (CO_2 Arc Welding Robotics) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของไลน์การผลิตฯ ให้ดียิ่งขึ้น และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าในทุกๆด้าน ทุกๆมิติ โดยจะยกตัวอย่าง ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

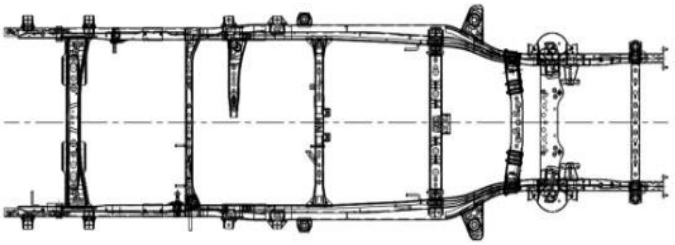
ในไลน์การผลิตโครงช่วงล่าง (Chassis : แชสซีส์) ของรถกระบะขนาดหนึ่งตัน (One Metric Ton Frame Assembly Line) ของโรงงาน AAA (นามสมมติ) โดยภาพรวมของไลน์การผลิตฯ ดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 1 ก) ซึ่งประกอบไปด้วย (1) Station Inner (LH/ RH) ทำหน้าที่นำ Rail Force, Nut, Small Bracket เชื่อมเข้าที่ด้านในของ Side Rail Inner โดยพนักงาน (2) Station Tack (LH/RH) ทำหน้าที่นำ Side Rail Outer มาประกบกับ Side Rail Inner แล้วให้พนักงานเชื่อมยึด (Tack Welding) Side Rail Outer กับ Side Rail Inner ไว้ก่อน (3) Station Full Welding Number 1 (LH/RH) ทำหน้าที่เชื่อมตลอดแนวระหว่าง Side Rail Outer กับ Side Rail Inner โดยวิธีการเชื่อมนั้นจะเชื่อมแบบเว้นระยะเป็นช่วงๆ เหตุผลที่จะต้องเชื่อมแบบเว้นระยะก็เนื่องจากว่าถ้าเชื่อมตลอดแนวเลยทีเดียว อาจจะมีผลทำให้แชสซีบิดเสียรูปได้ (4) Station Full Welding Number 2 (LH/RH) ทำหน้าที่เชื่อมตลอดแนวระหว่าง Side Rail Outer กับ Side Rail Inner เช่นกัน แต่จะเป็นการเชื่อมในส่วนที่ Full Welding Number 1 เว้นระยะไว้ (5) Station Repairing (LH/RH) ทำหน้าที่ตรวจสอบชิ้นงานก่อนเข้า Cross Member Assembly Line ต่อไป



ก) ภาพรวมของไลน์การผลิตฯ



ข) ส่วนงานที่นำระบบ PLC และ Arc Welding Robotic เข้าไปใช้งานในบทความ



ค) ลักษณะโครงช่วงล่างของรถกระบะ 1 ตัน

รูปที่ 1.1 ไลน์การผลิตโครงช่วงล่างของรถกระบะหนึ่งตันของกรณีศึกษาที่กล่าวถึงในงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับระบบควบคุมอัตโนมัติที่นำเสนอในบทความนี้จะเน้นเฉพาะการออกแบบการทำงานในส่วนของระบบของพีแอลซีและหุ่นยนต์แขนกลประเภทหุ่นยนต์เชื่อมที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนในการทำงานที่ Station Full Welding Number 1 ฝั่งซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 1 ข) เท่านั้น ซึ่งผลผลิตสุดท้ายจากไลน์การผลิตโครงช่วงล่างดังกล่าว แสดงไว้ดังรูปที่ 1 ค)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์วิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุง (Kaizen) ไลน์การผลิตแชสซีส์ของรถกระบะ ขนาด 1 ตัน โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติที่ทำงานร่วมกันระหว่างพีแอลซีและหุ่นยนต์เชื่อม
2. เพื่อศึกษาวิธีการออกแบบระบบที่ใช้ควบคุมไลน์การผลิตแชสซีส์ของรถกระบะ ขนาด 1 ตัน ทั้งการออกแบบระบบไฟฟ้า (Electrical Hard Wiring Drawing) และการออกแบบซอฟต์แวร์ (Software Backup : Ladder Diagram) ติดตั้งและทดสอบรอบการทำงาน (Cycle Time และ Takt Time)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้ทำการศึกษาเฉพาะการปรับปรุง Cycle Time ของไลน์ผลิตแต่ละสถานี และ Takt Time ในไลน์การผลิตแชสซีส์ของรถกระบะ ขนาด 1 ตัน ด้วยการออกแบบระบบไฟฟ้า (Electrical Hard Wiring Drawing) ออกแบบซอฟต์แวร์ (Software Backup : Ladder Diagram) และการนำไปติดตั้ง แล้ววัดผลทางด้านรอบการทำงานที่ลดลงเท่านั้น และในส่วนคุณภาพของแชสซีส์นั้น นโยบายของบริษัทฯ กำหนดไว้แล้วว่าต้องมีงานเสีย (NG.) น้อยกว่า 2 ppm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาและวิจัยของวิทยานิพนธ์นี้ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลปัญหาจากไลน์การผลิตฯของเดิมที่ไม่สามารถตอบโจทย์ตามความต้องการของลูกค้าได้อย่างเต็มที่ (Why Why Why Analysis)
2. ปัญหาจากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ไลน์การผลิตเดิมนั้นค่อนข้างล้าหลัง ใช้บุคลากรจำนวนมากในการผลิตฯ อันเนื่องมาจากยังเป็นระบบการทำงานโดยใช้แรงงานในการเชื่อมชิ้นงานและระบบควบคุมยังใช้เป็นระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic Systems)
3. วิธีการแก้ปัญหาใช้วิธีการนำเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัย คือ นำระบบควบคุมพีแอลมาใช้แทนการควบคุมระบบเดิมที่ใช้ระบบนิวแมติกส์ และใช้หุ่นยนต์เชื่อมมาเชื่อมแทนบุคลากร
4. ออกแบบแบบไฟฟ้า (Hard Wiring Drawing) โดยก่อนที่จะออกแบบจะต้องสรุปจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าว่าใช้อะไรบ้าง โดยจะต้องอ้างอิงจากแบบเครื่องกล (Assembly Drawing) และแบบระบบควบคุมลมอัด (Air Schematic Diagram) ออกแบบโปรแกรมสำหรับระบบพีแอลซีและควบคุมหุ่นยนต์เชื่อม โดยจะต้องอ้างอิงจากขั้นตอนการทำงาน (Flow Chart & Timing Diagram)
5. ทดสอบการทำงานของระบบและทดสอบรอบการทำงาน
6. สรุปผลของงานวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิจัย

1. หลังจากปรับปรุงไลน์การผลิตฯ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติที่ทำงานร่วมกันระหว่างพีแอลซีและหุ่นยนต์เชื่อม สามารถลดรอบการทำงาน (Reduce Cycle Time) ได้จริง
2. สามารถแก้ไขปัญหาการส่งมอบชิ้นงานที่เกิดความล่าช้า เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้
3. สามารถแก้ไขปัญหาการขาดแคลนบุคลากรและแรงงานที่มีฝีมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและสมรรถนะของไลน์การผลิตฯให้ดีขึ้น โดยสามารถยืดอายุการใช้งานไลน์การผลิต (Life Cycle) ให้มีระยะการทำงานที่ยาวนานขึ้นได้อย่างเห็นผล
5. สามารถลดปัญหาไลน์การผลิตหยุด (Break Down) ให้น้อยลง และเพิ่มกำลังการผลิต (Productivity) ให้มากขึ้นได้อย่างมีประสิทธิผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 โครงสร้างของเนื้อหาภายในงานวิจัย

เนื้อหาภายในงานวิจัยเล่มนี้ ประกอบไปด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตและข้อกำหนด ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน และการจัดโครงสร้างเนื้อหา

บทที่ 2 ทฤษฎีของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะกล่าวถึงหลักการทำงานของระบบพีแอลซี

บทที่ 3 ทฤษฎีของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะกล่าวถึงหลักการทำงานของโรบอทเชื่อม

บทที่ 4 การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่นำเสนอ

บทที่ 5 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ

บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพีแอลซี
(Programmable Logic Controller)

PLC (Programmable Logic Controller) หรือปัจจุบันใช้คำว่า PC (Programmable Controller) เป็นอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นมา เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบต่างๆแทนวงจรรีเลย์แบบเก่า ซึ่งวงจรรีเลย์มีข้อเสียคือ การเดินสายและการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในการควบคุมมีความยุ่งยาก และเมื่อใช้งานไปนานๆ หน้าสัมผัสของรีเลย์จะเสื่อม ทำให้ขาดเสถียรภาพในการควบคุม ดังนั้นปัจจุบัน PLC จึงเข้ามาทดแทนวงจรรีเลย์ เพราะ PLC ใช้งานได้ง่ายกว่า สามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตได้โดยตรง นอกจากนั้นเพียงแค่เขียนโปรแกรมควบคุมก็สามารถใช้งานได้ทันที ถ้าต้องการจะเปลี่ยนเงื่อนไขใหม่สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมเท่านั้น และยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องอ่านบาร์โค้ด เครื่องพิมพ์ (Printer) และระบบ RFID เป็นต้น ในปัจจุบันนอกจาก PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้ว ยังสามารถต่อ PLC หลายๆตัวเข้าด้วยกันเป็นเครือข่าย (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย จะเห็นว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้งานวงจรรีเลย์แบบเก่า ดังนั้นในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงใช้ PLC เป็นหัวใจหลักในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

2.1 ชนิดของพีแอลซี

2.1.1 PLC ชนิดบล็อก (Block Type PLCs)

PLC ประเภทนี้ จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC อยู่ในบล็อกเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นตัวประมวลผล หน่วยความจำ ภาคอินพุต/เอาต์พุต และแหล่งจ่ายไฟ สามารถแสดงตัวอย่างให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.1

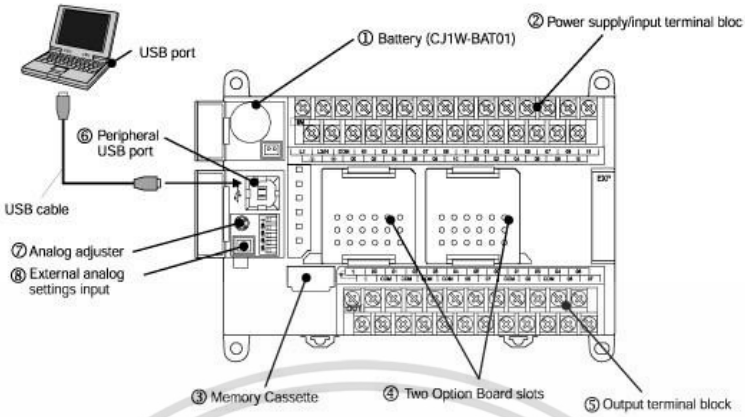
CP1L/H CPM2A

รูปที่ 2.1 รูปร่าง PLC ชนิดบล็อก [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของ PLC แบบ Block type

ในที่นี้จะยกตัวอย่าง PLC แบบ Block Type ของ OMRON รุ่น CP1L และ CP1H



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายนอกของ PLC [4]

จากรูปที่ 2.2 สามารถอธิบายความหมายของแต่ละส่วนได้ดังนี้

1. คือแบตเตอรี่ (Battery)
2. คือขั้วต่อแหล่งไฟและอินพุต (Power Supply/Input Terminal)
3. คือช่องเสียบหน่วยความจำ (Memory Cassette)
4. คือช่องเสียบเพื่อเพิ่มพอร์ตติดต่อสื่อสาร (Option Board slots)
5. คือขั้วต่อเอาต์พุต (Output terminal)
6. คือพอร์ตเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ป้อนโปรแกรม (USB Port)
7. คือปุ่มปรับอนาลอก (Analog Adjuster)
8. คือขั้วต่ออินพุตสำหรับอนาลอก setting (External analog setting input)
9. คือพอร์ตขยายอินพุต/เอาต์พุต (Expansion I/O Unit Connector)

สามารถยกตัวอย่างข้อดีข้อเสียของ PLC ชนิดบล็อก ได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของ PLC ชนิดบล็อก

ข้อดี	ข้อเสีย
1. มีขนาดเล็กสามารถติดตั้งได้ง่ายจึงเหมาะกับงานควบคุมขนาดเล็กๆ 2. สามารถใช้งานแทนวงจรรีเลย์ได้ 3. มีฟังก์ชันพิเศษ เช่นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และฟังก์ชันอื่นๆ 4. มีราคาถูกกว่าแบบแร็คหรือโมดูลในจำนวนอินพุต/เอาต์พุตที่เท่ากัน	1. การเพิ่มจำนวนอินพุต/เอาต์พุต สามารถเพิ่มได้น้อยกว่า PLC ชนิดโมดูล 2. เมื่ออินพุต/เอาต์พุตเสียจุดใดจุดหนึ่ง ต้องนำ PLC ออกไปทั้งชุด ทำให้ระบบต้องหยุดทำงานชั่วระยะเวลาหนึ่ง 3. มีฟังก์ชันให้เลือกใช้งานน้อยกว่า PLC ชนิดโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 PLC ชนิดโมดูล (Modular Type PLCs) หรือแร็ค (Rack Type PLCs)

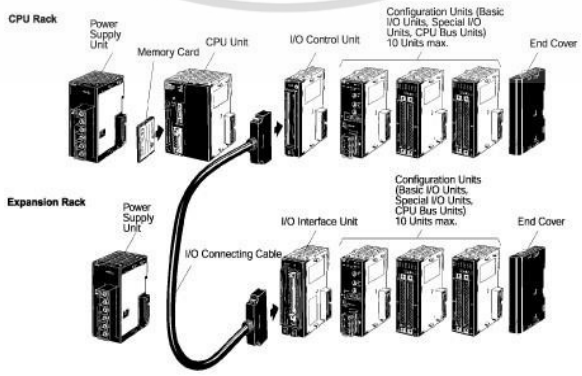
PLC ชนิดนี้ส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล (Modules) เช่น ภาคอินพุต/เอาต์พุต จะอยู่ในส่วนของโมดูลอินพุต/เอาต์พุต (Input/output Units) ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้ว่าจะใช้โมดูลขนาดกี่อินพุต/เอาต์พุต ซึ่งมีให้เลือกใช้งานหลายรูปแบบอาจจะใช้เป็นอินพุตอย่างเดียวขนาด 8/16 จุด หรือเป็นเอาต์พุตอย่างเดียวขนาด 4/8/12/16 จุด ขึ้นอยู่กับรุ่นของ PLC ด้วย ในส่วนของตัวประมวลผลและหน่วยความจำจะรวมอยู่ในซีพียูโมดูล (CPU unit) เราสามารถเปลี่ยนขนาดของ CPU Unit ให้เหมาะสมตามความต้องการใช้งาน เช่น PLC รุ่น CS1 จะมี PCU ให้เลือกใช้งานหลายรุ่น เช่น รุ่น CS1G-CPU42H จะมีความแตกต่างกับรุ่น CS1H-CPU65H (ทั้งสองรุ่นเป็น PLC ตระกูล CS1 เหมือนกัน) ตรงขนาดความจุของโปรแกรมและการรองรับจำนวนอินพุต/เอาต์พุต เป็นต้น

ส่วนประกอบต่างๆของ PLC ชนิดโมดูลที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น เมื่อต้องการใช้งานจะถูกนำมาต่อรวมกัน บางรุ่นใช้เป็นคอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อกันระหว่างยูนิต เช่น รุ่น CQM1/CQM1H หรือ CJ1M/H/G แต่บางรุ่นใช้ Backplane ในการรวมยูนิตต่างๆเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ สามารถยกตัวอย่าง PLC ชนิดโมดูลได้ดังแสดงรูปที่ 2.3

CJ1 CS1

รูปที่ 2.3 แสดงรูปร่างของ PLC ชนิดโมดูล [4]

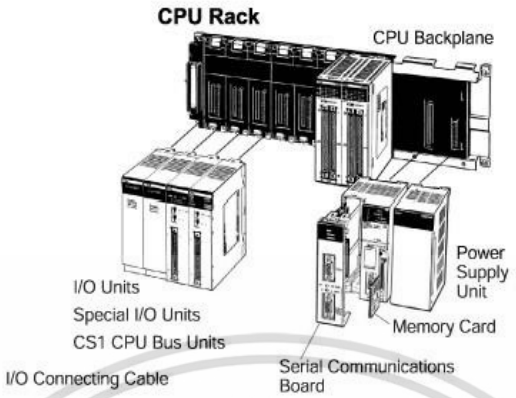
ตัวอย่าง PLC รุ่น CJ1 จะใช้คอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อแต่ละโมดูลเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันได้ แสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงชนิดของ PLC ชนิดโมดูลที่ใช้คอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อ [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน PLC รุ่น CS1 จะใช้ Backplane ในการเชื่อมต่อแต่ละโมดูลเข้าด้วยกันเพื่อให้ทำงานร่วมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ชนิดของ PLC ชนิดโมดูลที่ใช้ Backplane ในการเชื่อมต่อ [4]

สามารถยกตัวอย่างข้อดีข้อเสียของ PLC ชนิดโมดูลได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของ PLC ชนิดโมดูล

ข้อดี	ข้อเสีย
1. เพิ่มขยายระบบได้ง่ายเพียงแค่ติดตั้งโมดูลต่างๆที่ต้องการใช้งานลงไปบน backplane 2. สามารถขยายจำนวนอินพุต/เอาต์พุตได้มากกว่าแบบ Block Type 3. อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตเสียจุดใดจุดหนึ่งสามารถถอดเฉพาะโมดูลนั้นไปซ่อม ทำให้ระแบบสามารถทำการต่อได้ 4. มียูนิต และรูปแบบการติดต่อสื่อสารให้เลือกใช้งานมากกว่าแบบ Block Type	1. ราคาแพงเมื่อเทียบกับ PLC แบบ Block Type ที่มีจำนวนอินพุต/เอาต์พุตเท่ากัน

จะเห็นว่า PLC แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน PLC รุ่นที่ใหญ่ขึ้น จะมีคุณสมบัติและฟังก์ชันพิเศษอื่นๆ มากกว่า PLC รุ่นเล็กซึ่งสามารถเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของ PLC

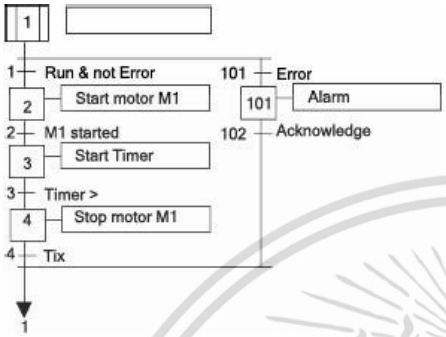
คุณสมบัติ	รุ่น			
	CPM1A	CP1L	CP1H	CS1
จำนวนอินพุต/เอาต์พุต (Max.)	100 จุด	160 จุด	256 จุด	5,120 จุด
ความจุโปรแกรม (Max.)	2 KWords	10 KSteps	20 KSteps	250 KSteps
ความเร็วในการประมวลผล	0.2 us	0.55 us	0.1 us	0.04 us
ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์	128	4,096/4,096	4,096/4,096	4,096/4,096
หน่วยความจำในส่วนของ DM	1,024 Words	32K Words	32K Words	32K Words
ระบบสื่อสาร	- CompoBus/S - Host Link - NT Link - 1:1 Link	- CompoBus/S - Host Link - NT Link - 1:1 Link - Modbus-RTU - Componet	- Controller Link - CompoBus/D - Ethernet - Protocal Macro - รวมทั้งระบบสื่อสารที่มีใน PLC รุ่นที่ต่ำกว่า	- Ethernet - Sysmac Link - Profibus-DP - Modbus - รวมทั้งระบบสื่อสารที่มีใน PLC รุ่นที่ต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมให้กับ PLC

PLC แต่ละยี่ห้อจะใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ PLC ทำงานตามความต้องการแตกต่างกัน ซึ่งตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาต่างๆ ออกเป็น 5 แบบตามที่แสดงข้างล่างนี้ ภาษาที่นิยมใช้มากที่สุดคือ Ladder Diagram เพราะเป็นภาษาที่ง่ายมีลักษณะคล้ายวงจรควบคุมแบบรีเลย์ ส่วนภาษาที่นิยมเป็นอันดับสองคือ Function Block

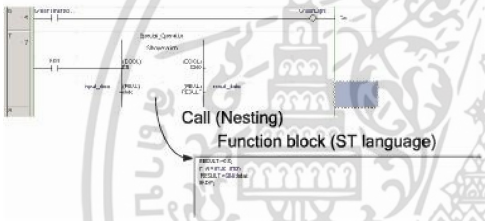
1) Sequential Flow Chart Language



2) Structure Text Language

```
D: = B*B - 4*A*C;
IF D < 0.0 THEN Nroots := 0;
ELSIF D  = 0.0 THEN
        Nroots:= 1;
        X1 := -B/(2.0*A);
ELSE Nroots := 2;
        X1 := (-B+sqrt(D)) / (2.0*A) ;
        X2 := (-B-sqrt(D)) / (2.0*A) ;
END_IF
```

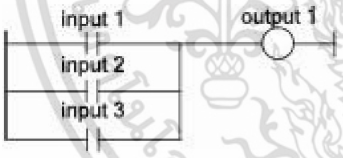
3) Function Block Diagram Language



4) Instruction List Language

```
Label:  LD      a1      (*result := a1*)
        ADD(    a2      (*delayed ADD, result := a2*)
        MUL(    a3      (*delayed MUL, result := a3*)
        SUB     a4      (*result := a3 - a4*)
        )               (*execute delayed MUL,*)
                        (*result := a1 + (a2*(a3 - a4) *a5)*)
        ADD     a6      (*a1 + (a2*(a3 - a4)*a5) + a6*)
        ST      res     (*store current result in res*)
```

5) Ladder Diagram



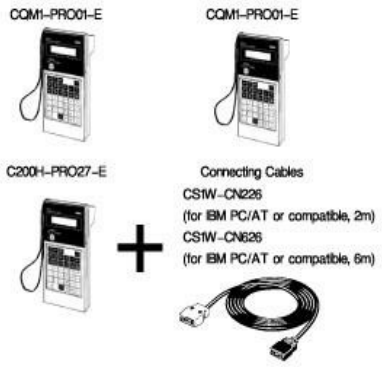
2.3 อุปกรณ์สำหรับการโปรแกรม

การสั่งให้ PLC ทำงาน จะต้องป้อนโปรแกรมให้กับ PLC ก่อน ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้อนโปรแกรมให้กับ PLC นั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท

2.3.1 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ (Hand Held Programmer)

แต่ละยี่ห้อจะมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น OMRON จะเรียก Programming Console เป็นต้น สามารถยกตัวอย่างให้เห็นดังรูปที่ 2.6 ในปัจจุบัน PLC รุ่นใหม่ๆของออมรอนไม่ได้ใช้ Programming Console ในการเขียนโปรแกรมแล้ว เพราะใช้งานยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ (Programming Console) [4]

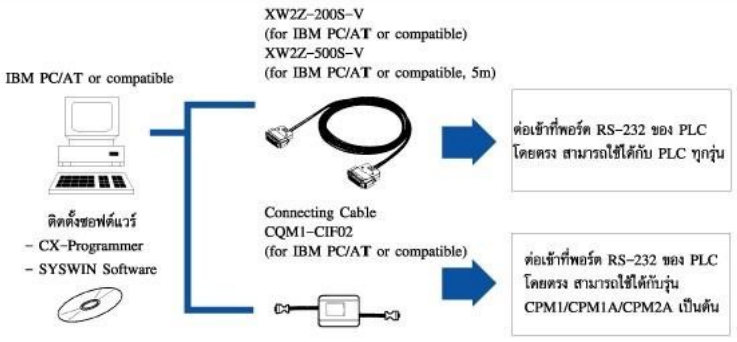
การเขียนโปรแกรมให้กับ PLC โดยการใช้ Programming Console จะป้อนเป็นภาษา Statement List หรือ Mnenonic เช่น คำสั่ง LD, AND, OR ซึ่งเป็นคำสั่งพื้นฐาน สามารถเรียกใช้งานโดยการกดปุ่มที่อยู่บนตัว Programming Console นั้น แต่เมื่อต้องการใช้งานฟังก์ชันอื่นๆที่มีอยู่ใน PLC สามารถเรียกใช้งานได้โดยการกดปุ่มเรียกใช้คำสั่งพิเศษ

การใช้ Programming Console มีข้อดีตรงที่มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และสามารถพกกพาได้สะดวกเนื่องจากมีขนาดเล็ก แต่ก็มีข้อเสียคือในการใช้งานผู้ใช้ต้องศึกษาวิธีการใช้งานของอุปกรณ์เหล่านี้ว่ามีวิธีการกดอย่างไร จึงจะสั่งงาน PLC ได้

2.3.2 คอมพิวเตอร์

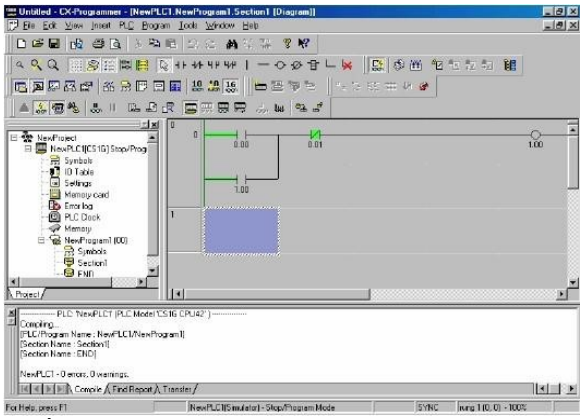
สามารถใช้ในการเขียนโปรแกรมให้กับ PLC ได้ โดยใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ (Software) เฉพาะของ PLC ยี่ห้อนั้น เช่น PLC ของ OMRON จะใช้ซอฟต์แวร์ที่มีชื่อเรียกแตกต่างกันไป สามารถยกตัวอย่างได้เช่น Syswin Support Software, CX-Programmer ใช้ได้กับระบบปฏิบัติการตั้งแต่ Window XP ขึ้นไป หรือ Window NT ซึ่งซอฟต์แวร์ต่างๆเหล่านี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับ PLC รุ่นใหม่ที่ผลิตขึ้นมาอย่างเช่น CX-Programmer มีการพัฒนาเป็นเวอร์ชันที่สูงขึ้นเรื่อยๆ เพื่อรองรับกับ PLC รุ่นใหม่ๆและฟังก์ชันใหม่ๆของ PLC

วิธีการต่อคอมพิวเตอร์กับ PLC สามารถแสดงให้เห็นดังนี้



รูปที่ 2.7 แสดงวิธีการต่อใช้งานคอมพิวเตอร์กับ PLC [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

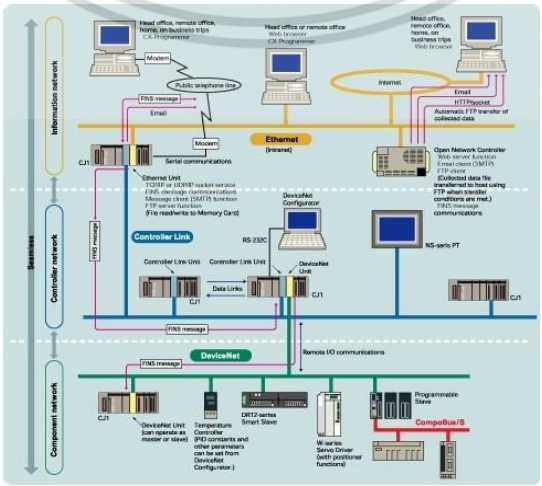


รูปที่ 2.8 ตัวอย่างซอฟต์แวร์ (CX-Programmer) [4]

ข้อดีของการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการป้อนโปรแกรมให้กับ PLC คือ ใช้งานง่าย เช่น ในกรณีใช้ CX-Programmer ร่วมกับระบบปฏิบัติการ Window จากรูปที่ 2.8 จะเห็นว่าการเขียนโปรแกรมเป็นภาษา Ladder Diagram จะเป็นการนำสัญลักษณ์ต่างๆเข้ามาใช้แทนการเขียนคำสั่ง ทำให้เข้าใจง่ายเพียงแค่คลิกเลือกสัญลักษณ์ต่างๆ จากส่วนของ Toolbar นอกจากนั้นยังมี Toolbar อื่นๆ ให้เลือกใช้งานซึ่งง่ายกว่าการใช้ Programming Console

2.4 ระบบสื่อสาร (Communications)

ระบบสื่อสารของ PLC คือการนำ PLC ไปต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อให้อุปกรณ์อื่นควบคุมการทำงานของ PLC หรือให้ PLC ไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่น หรือเป็นระบบที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง PLC กับ PLC ก็ได้ ซึ่งในปัจจุบัน PLC สามารถนำไปต่อร่วมกับอุปกรณ์ของยี่ห้อเดียวกัน หรืออุปกรณ์ภายนอกต่างยี่ห้อกัน เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้ใช้งานได้อย่างกว้างขวางขึ้น สำหรับระบบสื่อสารของแต่ละยี่ห้อจะมีชื่อเรียกไม่เหมือนกัน สามารถแสดงตัวอย่างรูปแบบการติดต่อสื่อสารของ PLC ได้ดังรูปที่ 2.9

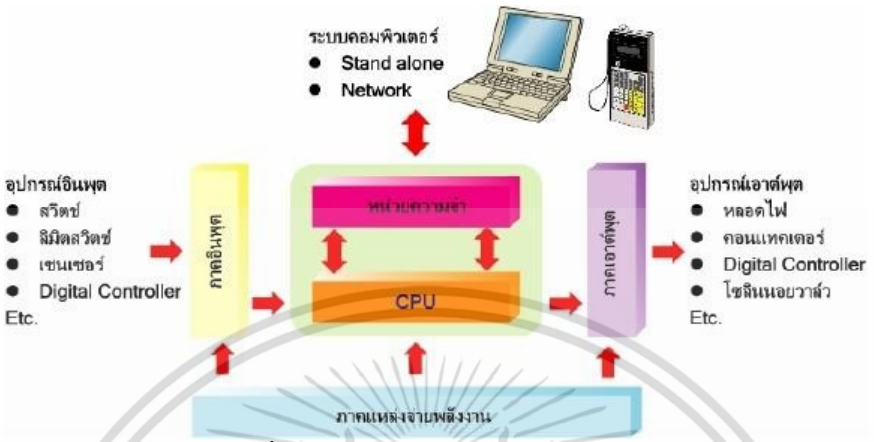


รูปที่ 2.9 ระบบการติดต่อสื่อสารของ PLC ในโรงงานอุตสาหกรรม (PLC Network) [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โครงสร้างของ PLC

โครงสร้างภายในของ PLC แต่ละส่วนจะประกอบกันทำงานเป็นระบบควบคุมที่เราเรียกว่า PLC ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมภายใน PLC [4]

จากไดอะแกรมดังรูปที่ 2.10 PLC จะมีส่วนประกอบสำคัญด้วยกันทั้งหมด 5 ส่วน ดังนี้

1) ซีพียู (CPU; Central Processing Unit)
2) หน่วยความจำ (Memory Unit)
3) ภาคอินพุต (Input Unit)
4) ภาคเอาต์พุต (Output Unit)
5) ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit)

ยูนิตทั้ง 5 ส่วนเมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้วจะกลายเป็น PLC ชุดหนึ่งที่สามารถทำงานได้ แต่ละยูนิตจะมีหน้าที่และคุณสมบัติดังนี้

2.5.1 ซีพียู (CPU; Central Process Unit)

ซีพียูหรือหน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานตามคำสั่งของส่วนต่างๆ ตามที่ได้รับมา ผลจากการประมวลผลก็จะถูกส่งออกไปยังส่วนต่างๆ ตามที่ระบุไว้ด้วยคำสั่งนั่นเอง ซีพียูจะใช้เวลาในการประมวลผลช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับการเลือกขนาดของซีพียู และความยาวของโปรแกรมที่เขียนด้วย ปกติแล้วซีพียูจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดตั้งแต่ 4 บิต, 8 บิต, 16 บิต, 32 บิต , 64 บิต หรือ 128 บิต มาทำงานโดยที่ซีพียูแต่ละขนาดก็จะมีความสามารถจำกัดไม่เท่ากัน จึงทำให้ PLC ในแต่ละรุ่นมีความสามารถต่างกันนั่นเอง หรือแม้กระทั่งว่าภายใน PLC บางรุ่นจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ถึง 2 ตัวช่วยกันทำงาน เวลาการประมวลผลก็จะเร็วกว่า PLC ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพียงแค่ตัวเดียว

โดยปกติแล้วการเลือกใช้งาน PLC จะเลือกจากการประยุกต์ใช้งานจึงทำให้ผู้ใช้งาน (User) ไม่รู้ว่าผู้ผลิตใช้ไมโครโปรเซสเซอร์รุ่นหรือเบอร์อะไรในการสร้างเครื่อง PLC ดังนั้น เวลาพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ PLC ซึ่งไม่มีการระบุเบอร์หรือรุ่นของไมโครโปรเซสเซอร์ ผู้ใช้งานสามารถเลือกจากคุณสมบัติอื่น เช่น จำนวนอินพุต/เอาต์พุต, ความเร็วในการประมวลผลของคำสั่ง, ขนาดความจุโปรแกรม และข้อมูล เป็นต้น

2.5.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

หน่วยความจำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลต่างๆ ของ PLC กรณีที่สั่งให้ PLC ทำงาน มันจะนำเอาโปรแกรมและข้อมูลในหน่วยความจำมาประมวลผลการทำงาน สำหรับหน่วยความจำที่ใช้งานมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ

2.5.2.1 หน่วยความจำชั่วคราว (RAM: Random Access Memory)

โปรแกรมและข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยผู้ใช้จะถูกจัดเก็บในส่วนนี้ คุณสมบัติของ RAM เมื่อไม่มีไฟเลี้ยงขะทำให้โปรแกรมและข้อมูลหายไปทันที ดังนั้นภายใน PLC จะพบว่ามีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล (Backup Battery) เอาไว้สำรองข้อมูล กรณีที่ไฟหลักไม่จ่ายไฟให้กับ PLC ข้อควรระวังคือ ไม่ควรถอดแบตเตอรี่สำรอง กรณีไม่มีไฟจ่ายให้ PLC

2.5.2.2 หน่วยความจำถาวร (ROM: Read Only Memory)

เป็นอีกหน่วยความจำชนิดหนึ่ง โดยที่ข้อมูลใน ROM ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล แต่ก็มีปัญหาเรื่องเวลาในการเข้าถึงข้อมูลที่จะช้ากว่า RAM จึงปรากฏให้ผู้ใช้เห็นว่า PLC จะมีหน่วยความจำใช้งานทั้งสองร่วมกันอยู่ ROM แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1) PROM (Programmable ROM)
2) EPROM (Erasable Programmable ROM)
3) EEPROM (Electrical Erasable Programmable ROM)

PROM จัดเป็น ROM รุ่นแรกเขียนข้อมูลลงชิปได้เพียงครั้งเดียว ถ้าเขียนข้อมูลไม่สมบูรณ์ชิปก็จะเสียทันทีไม่สามารถนำกลับมาเขียนได้ใหม่อีก จึงได้มีการพัฒนามาเป็นรุ่น EPROM ซึ่งสามารถเขียนข้อมูลลงชิปได้หลายครั้ง เพียงแค่นำชิปไปฉายแสงอุลตร้าไวโอเลตก็จะเป็นการลบข้อมูลในชิปด้วยสัญญาณทางไฟฟ้าได้เลย จึงทำให้เกิดความสะดวกสบายมากขึ้น แต่เรื่องเวลาในการเข้าถึงข้อมูลก็ยังช้ากว่า RAM อยู่

2.5.2.3 การใช้งานหน่วยความจำใน PLC

- RAM จะใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลที่ทำงานจากการสั่ง RUN/STOP PLC
- ROM จะใช้จัดเก็บซอฟต์แวร์ระบบ (System Software) และเป็นชุดสำรองโปรแกรมและข้อมูล(Backup Program and Data) เพื่อป้องกันกรณีที่โปรแกรมและข้อมูลใน RAM หายไป ผู้ใช้สามารถที่จะถ่ายโปรแกรมและข้อมูลเข้าไปที่ RAM ใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ภาคอินพุต (Input Data)

ภาคอินพุตของ PLC ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตเข้ามาแปลงสัญญาณ ส่งเข้าไปภายใน PLC อุปกรณ์อินพุตต่างๆที่นำมาต่อกับภาคอินพุตได้นั้น สามารถแสดงตัวอย่างได้ตามรูปที่แสดงดังนี้

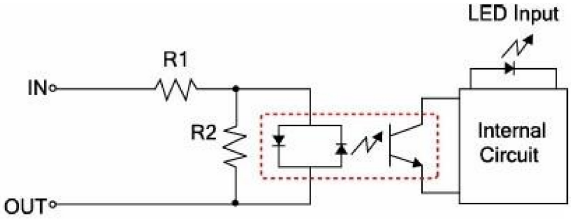
รูปที่ 2.11 แสดงอุปกรณ์อินพุตต่างๆ [4]

อุปกรณ์ที่สามารถนำมาต่อกับภาคอินพุต PLC ได้ จัดออกเป็นกลุ่มๆ ดังรูปที่ 2.11 โดยกลุ่มอุปกรณ์แต่ละกลุ่ม จะมีวิธีต่อวงจรเข้าภาคอินพุต PLC แตกต่างกันออกไป เวลาใช้งานอุปกรณ์แต่ละกลุ่ม จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมของอุปกรณ์แต่ละชนิดก่อน เพื่อความเข้าใจขั้นตอนการทำงานและสามารถต่อวงจรได้ถูกต้องอุปกรณ์ที่นำมาต่อกับภาคอินพุตของ PLC อุปกรณ์บางกลุ่มจะมีสัญญาณทั้งอินพุต/เอาต์พุต เช่น Inverter, Digital Signal, Controller, ตัวควบคุมอุณหภูมิ, เซนเซอร์รุ่นพิเศษ เป็นต้น จำเป็นต้องต่อใช้งานให้ถูกต้อง ซึ่งสามารถแนะนำได้ในขั้นต้นคือ ต่อวงจรภาคเอาต์พุตของอุปกรณ์นั้นๆ เข้ากับภาคอินพุตของ PLC ภาคเอาต์พุตของอุปกรณ์จะมีเอาต์พุตให้เลือกใช้งานหลายแบบ ซึ่งภาคอินพุต PLC มีวงจรภาคอินพุตอยู่หลายแบบเช่นกัน เพื่อรองรับอุปกรณ์อินพุตในแต่ละแบบให้เหมาะสม

วงจรภาคอินพุตแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) ดิจิตอลอินพุต (Digital Input) หมายถึง อินพุตที่รับรู้สัญญาณได้เพียงแค่ “ON” หรือ “OFF” เท่านั้น ตามโครงสร้างจะมีดิจิตอลอินพุต 2 แบบ คือ

- วงจรอินพุตไฟตรง (DC Input) แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วงจรอินพุตแบบ DC [4]

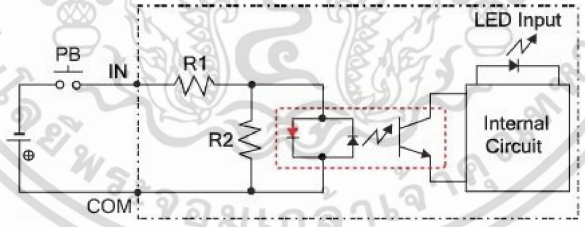
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.12 ภาคอินพุตจะใช้วงจรลดทอนแรงดันเพื่อขับออปโตทรานซิสเตอร์ จากออปโตทรานซิสเตอร์ก็จะไปขับภาคอินพุตของ IC เพื่อส่งสัญญาณให้ CPU อีกทีหนึ่ง ซึ่งการใช้อุปกรณ์ประเภทออปโต (Opto) ทำให้ระบบ PLC สามารถแยกสัญญาณกราวด์ของภาคอินพุตออกจากวงจรภายในได้ สำหรับวงจรภาคอินพุตดังรูปที่ 2.12 สามารถสรุปคุณสมบัติได้ตามตารางที่ 2.4

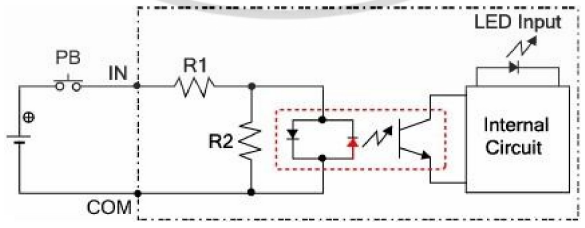
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างคุณสมบัติภาคอินพุต (DC)

	คุณสมบัติ
แรงดันอินพุต	24 VDC (26.4V-18V)
อินพุตอิมพีแดนซ์	2kΩ
กระแสอินพุต	12mA
แรงดันอินพุตขณะทำงาน	“ON” 14.4 VDC min. / “OFF” 5.0 VDC max.
เวลาตอบสนองอินพุต	“ON Delay”: 8mS max. / “OFF Delay”: 8mS max. สามารถปรับค่าได้ตั้งแต่ 1,2,4,8,16,32,64,128 mS โดยใช้โหมด PC Setup

สำหรับวงจรภาคอินพุตดังรูปที่ 2.12 จะพบว่า ภาคอินพุตของออปโตทรานซิสเตอร์ มีไดโอดต่อสลับขั้วกันอยู่ เพื่อเวลาใช้งานสามารถต่อเลือกวงจรได้ 2 แบบ ดังรูปที่ 2.13



ก. การต่ออินพุตแบบ Source



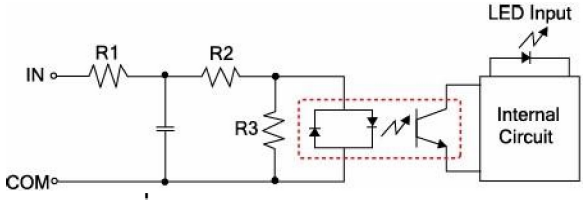
ข. การต่ออินพุตแบบ Sink

รูปที่ 2.13 การต่อวงจรอินพุตแบบ DC Source/Sink [4]

- วงจรอินพุตไฟสลับ (AC Input) ใช้ไฟสลับผ่านแรงดันทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องแรงดันตกคร่อมในสายมากเกินไปเหมือนอินพุตไฟตรงโดนที่ผ่านแรงดันอินพุตตั้งแต่ 100-220 VAC สำหรับ PLC บาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รุ่นจะแบ่งอินพุตแบบนี้ออกเป็น 2 ย่านคือ 100-120 และ 200-240 VAC ลักษณะวงจรอินพุตแสดงดังรูปที่ 2.14



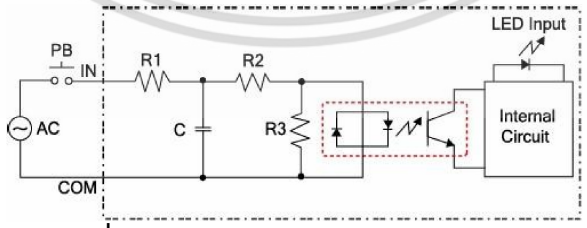
รูปที่ 2.14 วงจรอินพุตแบบ AC [4]

คุณสมบัติของวงจรอินพุตไฟสลับทั้งแรงดันอินพุตระบบไฟ 110V และ 220V แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติภาคอินพุต (AC)

	คุณสมบัติ	
แรงดันอินพุต	100-120 VAC$^{+10\%}/_{+15\%}$, 50/60 Hz	200-240 VAC$^{+10\%}/_{+15\%}$, 50/60 Hz
อินพุตอิมพีแดนซ์	2kΩ (50Hz), 17kΩ (60Hz)	38kΩ (50Hz), 32kΩ (60Hz)
กระแสอินพุต	5mA (at 100 VAC)	6mA (at 200 VAC)
แรงดันอินพุตขณะทำงาน	“ON” 60 VAC min. “OFF” 20 VAC max.	“ON” 150 VAC min. “OFF” 40 VAC max.
เวลาตอบสนองอินพุต	“ON Delay”: 35 mS max. “OFF Delay”: 55 mS max.	

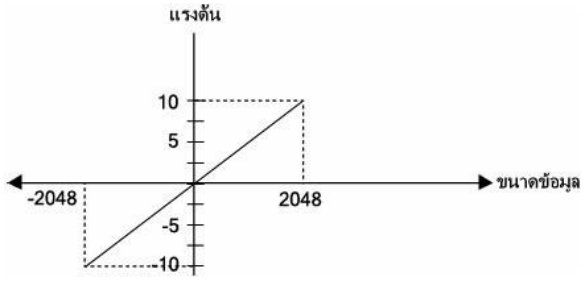
ลักษณะการต่อวงจรใช้งานสำหรับภาคอินพุตแบบ AC จะมีลักษณะการต่อดังรูปที่ 2.15



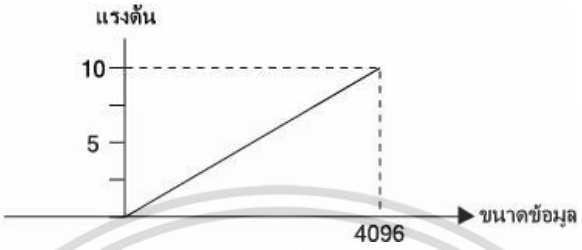
รูปที่ 2.15 การต่อวงจรอินพุตแบบ AC [4]

2) อนาลอกอินพุต (Analog Input) จัดเป็นอินพุตที่สามารถรับสัญญาณที่บอกเป็นปริมาณที่เปลี่ยนแปลงค่าได้เช่น 0-10 VDC, ±10 VDC, 1-5V และ 4-20 mA ดังรูปที่ 2.16

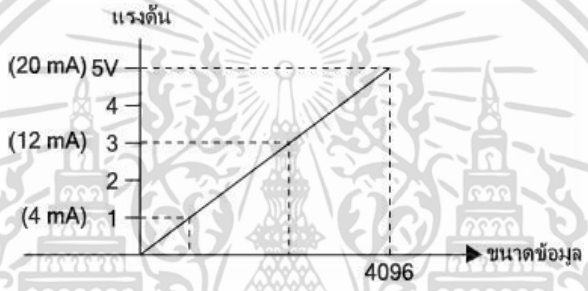
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. สัญญาณขนาด ±10 VDC



ข. สัญญาณขนาด 0-10 VDC



ค. สัญญาณขนาด 1-5V (4-20 mA)

รูปที่ 2.16 สัญญาณแบบต่างๆ ที่ส่งให้อนาลอกอินพุต [4]

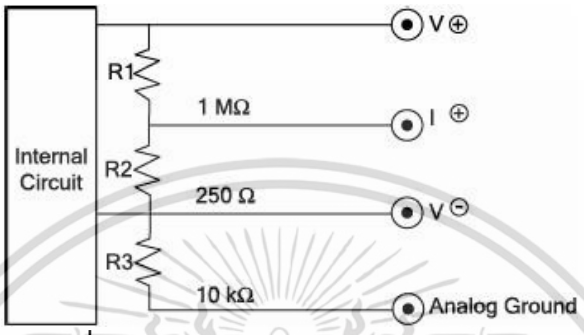
สัญญาณอนาลอกทั้ง 3 แบบจัดเป็นขนาดสัญญาณมาตรฐานที่กำหนดไว้ใช้ในอุตสาหกรรม ดังนั้นอุปกรณ์ที่มีภาคเอาต์พุตเป็นแบบอนาลอกเช่น อนาลอกเซนเซอร์, ภาคอนาลอกเอาต์พุตของ digital signal controller, temperature controller เป็นต้น ก็จะมีขนาดของสัญญาณตามมาตรฐานเช่นกัน ซึ่งตัวอุปกรณ์อาจจะมีเอาต์พุตแบบใดแบบหนึ่งหรือทั้ง 3 แบบเลยก็ได้ ดังนั้นภาคอนาลอกอินพุตของ PLC ก็ต้องสามารถเลือกตรวจสอบได้ทั้ง 3 แบบเช่นกัน

หลักการทำงานของอนาลอกอินพุตของ PLC นำค่าที่วัดได้แปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล สามารถแสดงได้ดังไดอะแกรมดังรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 ไดอะแกรมการส่งข้อมูลอนาลอกให้ PLC [4]

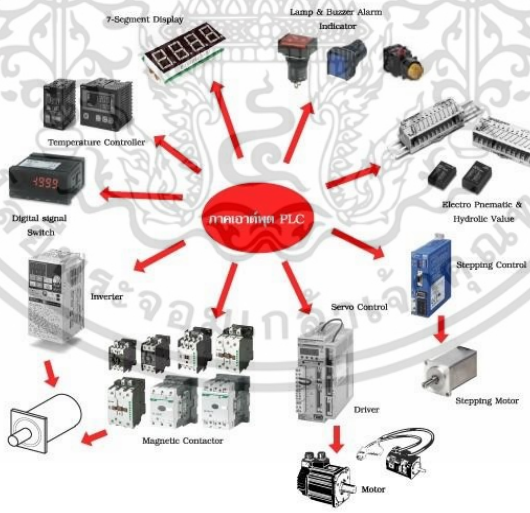
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่วัดค่าออกมาเป็นปริมาณอนาลอกส่วนมากเป็นการวัดระยะทาง, ความเร็ว, อุณหภูมิ, ปริมาณแสง, ความดัน เป็นต้น แล้วแปลงค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าออกมา ดังนั้นเวลาที่อุปกรณ์เหล่านี้วัดค่าออกมาเป็นอนาลอกค่าใดๆ ผู้ใช้จำเป็นต้องทำตารางเปรียบเทียบค่าด้วย เพื่อที่จะกำหนดขนาดข้อมูลให้กับ PLC ให้ควบคุมตามที่ต้องการ วงจรภาคอินพุตแบบอนาลอกของ PLC จะมีลักษณะวงจรตามรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 วงจรอนาลอกอินพุตของ PLC [4]

2.5.4 ภาคเอาต์พุต (Output Unit) ภาคเอาต์พุตของ PLC ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปขับโหลดชนิดต่างๆตามเงื่อนไขที่ได้โปรแกรมเอาไว้ ชนิดของโหลดที่สามารถนำมาต่อกับภาคเอาต์พุตสามารถแยกออกเป็นกลุ่มได้ดังนี้



รูปที่ 2.19 กลุ่มอุปกรณ์ที่ต่อกับภาคเอาต์พุตของ PLC [4]

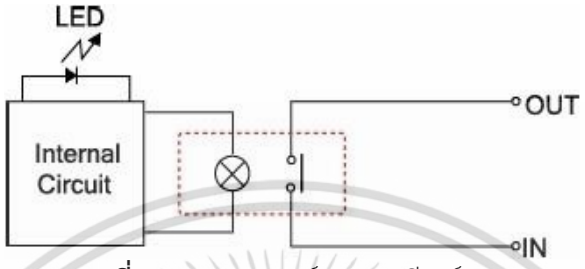
จากรูปที่ 2.19 กลุ่มอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่อกับภาคเอาต์พุตของ PLC นั้น ในแต่ละกลุ่มก็จะควบคุมลักษณะของงานแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆ การต่อวงจรเข้าภาคเอาต์พุต PLC จะมีมาตรฐานทางอุตสาหกรรมกำกับอยู่เช่นกัน จึงทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริมมาก เพียงแต่ดูรายละเอียดการต่อให้เข้าใจก็เพียงพอแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดเอาต์พุตของ PLC มีให้เลือกใช้อยู่ 2 ลักษณะเช่นเดียวกับภาคอินพุตคือ

1) ดิจิตอลเอาต์พุต (Digital Output) อุปกรณ์ที่สามารถสั่งการทำงานได้เพียง “ON” หรือ “OFF” จัดว่าเป็นการควบคุมแบบดิจิตอลเอาต์พุตโดยมีชนิดของเอาต์พุตให้เลือกใช้ 3 แบบคือ

- เอาต์พุตชนิด “Relay Contact Output” เอาต์พุตชนิดรีเลย์สามารถนำไปขับโหลด AC หรือ DC ก็ได้ ลักษณะวงจรดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 วงจรเอาต์พุตแบบรีเลย์ [4]

การเปิด/ปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์จะอาศัยหลักการทำงานของสนามแม่เหล็ก ดังนั้นเวลาที่นำหน้าสัมผัสรีเลย์ไปใช้งานจึงเปรียบได้เหมือนสวิตซ์ควบคุมแบบ NO หรือ NC จึงสามารถที่จะใช้หน้าสัมผัสไปควบคุมโหลดได้ทั้งชนิด AC หรือ DC ซึ่งข้อพิจารณาในการเลือกใช้ต้องพิจารณาความสามารถทนกระแสและแรงดันสูงสุดได้เท่าไหร่ ปกติแล้วภาคเอาต์พุตของ PLC ที่เลือกเป็นชนิดรีเลย์ เอาต์พุตทนกระแสใช้งานได้ตามปกติ 2A จึงไม่เหมาะที่จะนำไปขับโหลด AC หรือ DC ที่มีกระแสสูงกว่า 2A คุณสมบัติต่างๆของภาคเอาต์พุตชนิดรีเลย์ แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 กรณีที่โหลดที่ใช้งานที่มีกระแสกระชากสูงกว่า 2A มากๆ ไม่ควรใช้เอาต์พุตรีเลย์ต่อกับโหลดนั้นๆโดยตรง ควรต่อผ่านรีเลย์บัฟเฟอร์ที่สามารถทนกระแสได้ดีกว่า

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตชนิดรีเลย์

รายละเอียด			คุณสมบัติ
อัตราทนการทำงานสูงสุด (Max. Switching capacity)			2 A/250 VAC 2 A/24 VDC
อัตราทนการทำงานต่ำสุด (Min. Switching capacity)			10 mA/5VDC
อายุการใช้งาน (Relay Service Life)	ระบบไฟฟ้า	Resistance Load	300,000 ครั้ง
		Inductive Load	100,000 ครั้ง
	ระบบกลไก (Mechanical)		10 ล้านครั้ง
	Switching Rate		30 ครั้ง/นาที
เวลาตอบสนอง	OFF Delay		15 mS (max)
	ON Delay		15 mS (max)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุการใช้งานจะขึ้นอยู่กับขนาดโหลดที่ใช้ต่อกับเอาต์พุตชนิดรีเลย์ไปควบคุม จากตารางโหลดที่เป็นขดลวด (Inductive Load) จะทำให้อายุการใช้งานรีเลย์สั้นกว่าโหลดจำพวกหลอดไฟถึง 3 เท่า ส่วนในเรื่องเวลาตอบสนองตามคุณสมบัติภาคเอาต์พุตแบบรีเลย์ จะตอบสนองคำสั่งช้าที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับภาคเอาต์พุตแบบอื่นๆ

พิกัดการเปิด/ปิดวงจร (Switching Rate)

นอกจากอายุการใช้งานของเอาต์พุตแบบรีเลย์จะขึ้นอยู่กับขนาดของโหลดแล้ว ความถี่ในการเปิด/ปิดวงจรโหลด เป็นพิกัดอีกตัวหนึ่งที่ส่งผลต่ออายุการใช้งาน โดยปกติแล้วไม่ควรเปิด/ปิดวงจรโหลดเกินกว่า 30 ครั้ง/นาที ถ้าจำเป็นต้องเปิด/ปิดวงจรบ่อยครั้ง ควรใช้เอาต์พุตทรานซิสเตอร์จะเหมาะสมกว่า

วงจรป้องกันหน้าคอนแทค

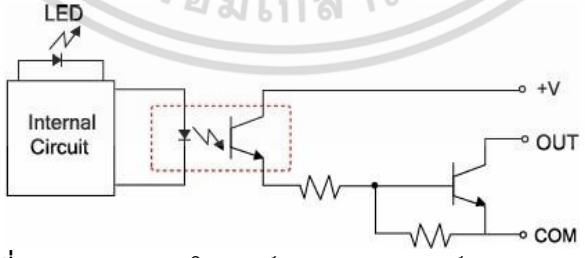
ในการใช้งานเอาต์พุตรีเลย์ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นควรต่อวงจรป้องกันหน้าคอนแทคเข้ากับรีเลย์ เพื่อลด Noise และป้องกันการสร้างกรด Nitric และ Carbide ซึ่งจะเกิดขึ้นขณะที่หน้าคอนแทคเปิดวงจร การใช้วงจรป้องกันจะช่วยลดผลกระทบดังกล่าวได้ ตารางข้างล่างแสดงตัวอย่างการต่อวงจรป้องกัน เวลาใช้เอาต์พุตรีเลย์ตัด/ต่อโหลดประเภท Inductive เช่น Solenoid valve จะทำให้เกิดการอาร์ค (Arc) ขึ้นที่หน้าคอนแทค ถ้าสภาพแวดล้อมมีความชื้นสูงจะส่งผลทำให้เกิดกรด Nitric ซึ่งจะทำให้รีเลย์ทำงานผิดปกติได้ ดังนั้นควรใช้อุปกรณ์ลด Surge เพื่อลดปัญหาดังกล่าว

โหลดความต้านทานและโหลดอินดักทีฟ

ความสามารถในการเปิด/ปิด (Switching Power) ของโหลดอินดักทีฟจะต่ำกว่าโหลดความต้านทาน เนื่องจากมีพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าสะสมในขดลวดของโหลดอินดักทีฟ ตารางข้างล่างแสดงกระแสกระชาก (Inrush) ที่เกิดจากโหลดประเภทต่างๆ

- *เอาต์พุตชนิดทรานซิสเตอร์ (Transistor Output)* มีให้เลือกใช้อยู่ 2 ประเภท คือ

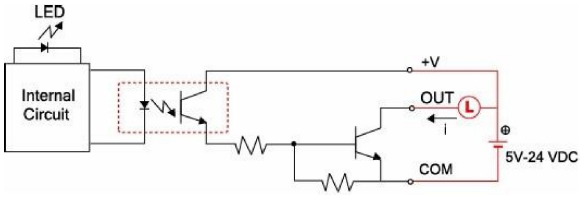
- เอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN มีลักษณะวงจรดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 วงจรภายในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN [4]

จากวงจรภายในจะใช้ออปโตทรานซิสเตอร์ผลิตสัญญาณขับทรานซิสเตอร์ Q1 โดย Q1 จะทำหน้าที่ขับโหลดอีกที วงจรลักษณะนี้ทำให้วงจรภายในแยกสัญญาณกราวด์ออกจากวงจรภาคเอาต์พุตได้ ส่วนลักษณะการต่อวงจรใช้งานนั้นสามารถต่อใช้งานขับโหลดได้เฉพาะ DC เท่านั้น ดังรูปที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 การต่อใช้งานเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN [4]

การต่อขับโหลดดังรูปที่ 2.22 เป็นการต่อแบบซิงค์ (Sink Type) คือดึงกระแสเข้าสู่ภาคเอาต์พุต ดังนั้นทรานซิสเตอร์ต้องทนกระแสซิงค์ได้ เพื่อป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์พังที่ขาอิมิตเตอร์ Q1 เขียนว่า COM (COMMON) เนื่องจากว่าเวลานำภาคเอาต์พุตแบบนี้ไปใช้งานจริงจะมีวงจรลักษณะนี้ต่ออยู่หลายชุดเช่น 8, 16, 32 ชุดเป็นต้น วงจรใช้งานจริงก็จะต่อขาอิมิเตอร์ร่วมกัน แล้วดึงออกมาเป็นขาที่เขียนว่า “COM” นั่นเองและที่ขั้ว +V ก็ต่อร่วมเช่นกัน

คุณสมบัติส่วนต่างๆของภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN นี้ สามารถดูรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2.7

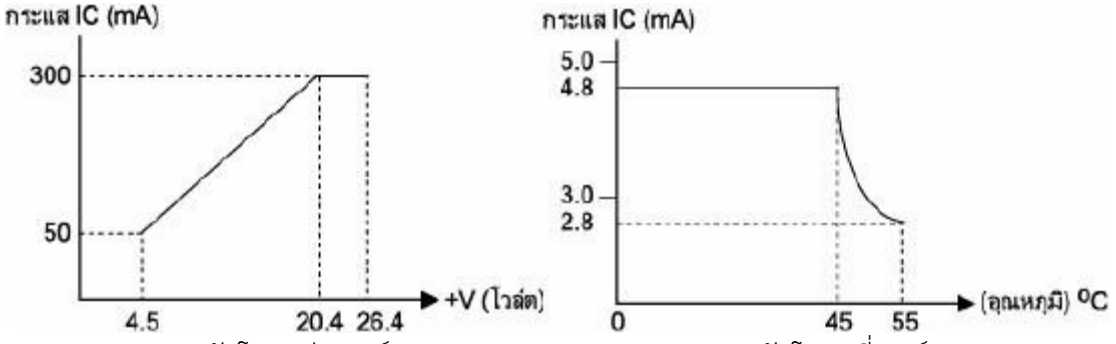
ตารางที่ 2.7 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN

รายละเอียด		คุณสมบัติ
แหล่งจ่ายไฟ +V		5-24 VDC (40mA min) ±10% (2.5 mA X จำนวนบิตที่ “ON”)
อัตราทนการทำงานสูงสุด (Max. switching capacity)		50 mA ที่แรงดัน 4.5 V-300 mA ที่แรงดัน 26.4 V
กระแสรั่วไหล (Leakage Current)		0.1 mA (สูงสุด)
แรงดันไฟฟ้า (Residual Voltage)		0.8 VDC (สูงสุด)
เวลาตอบสนอง	OFF Delay	0.1 mS (สูงสุด)
	ON Delay	0.4 mS (สูงสุด)

อัตราการทนการทำงานสูงสุด (Max. Switching Capacity)

จัดเป็นตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงเวลานำไปใช้งาน เพราะว่าภาคเอาต์พุต PLC เวลาที่ผลิตออกมาใช้งาน จะมีวงจรทรานซิสเตอร์มากว่า 1 ชุดเสมอ เช่น 8, 16 ชุด ทำให้ต้องพิจารณากระแสที่สามารถจะขับโหลดได้พร้อมกันทุกชุดของเอาต์พุตด้วย ดังรูปที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

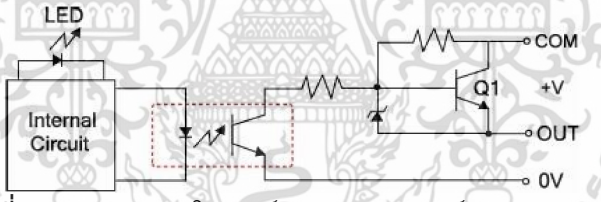


ก. กระแสขับโหลดต่อเอาต์พุต 1 ชุด ข. กระแสขับโหลดที่เอาต์พุต 16 ชุด

รูปที่ 2.23 กราฟกระแส (IC) ขับโหลด [4]

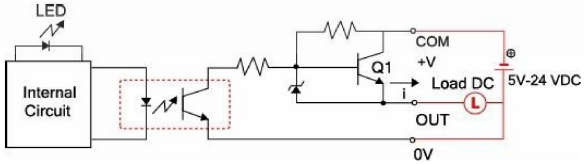
จากกราฟจะพบว่า ถ้าขับโหลดทีละชุดไม่พร้อมกัน สามารถที่จะขับโหลดได้ถึง 300 mA ที่แรงดัน 24 VDC ได้ แต่เมื่อขับโหลดพร้อมกัน 16 ชุด ก็จะทำให้จ่ายกระแส (IC) ได้เพียง 4.8 mA ต่อ 1 โหลด ดังนั้นเวลาใช้ภาคเอาต์พุตแบบทรานซิสเตอร์ ถึงแม้ว่าสามารถตอบสนองโหลดได้เร็วกว่ารีเลย์แต่มีข้อจำกัดในเรื่องกระแส ส่วนใหญ่จะใช้ภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์ขับโหลดวงจรอิเล็กทรอนิคส์แบบต่างๆเช่น 7-Seg Display, Digital Controller, Servo Driver เป็นต้น

- เอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP จะมีลักษณะวงจรดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 วงจรภายในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP [4]

ลักษณะวงจรคล้ายวงจรของเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN เพียงแต่เปลี่ยนวงจรส่วน Q1 เท่านั้น ลักษณะการต่อวงจรสามารถต่อได้ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 การต่อใช้งานเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP [4]

ต่อวงจรโดยขั้วที่เขียนว่า COM ของภาคเอาต์พุต ให้ต่อไฟบวก (+V) ขา 0 V ต่อกับไฟ 0 V และขา OUT ต่อกับโหลด การต่อวงจรลักษณะนี้เป็นการต่อแบบซอร์ส (Source type) โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ Q1 ต้องทรกระแสที่จะจ่ายให้โหลดได้ เราอาจจะเรียกว่า กระแสซอร์ส (I source) คุณสมบัติของวงจรเอาต์พุตแบบนี้แสดงไว้ในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP

รายละเอียด		คุณสมบัติ
แหล่งจ่ายไฟ +V		5-24 VDC (60mA min) ±10% (3.5 mA X จำนวนบิตที่ “ON”)
อัตราทนการทำงานสูงสุด (Max. switching capacity)		50 mA ที่แรงดัน 4.5 V-300 mA ที่แรงดัน 26.4 V
กระแสรั่วไหล (Leakage Current)		0.1 mA (สูงสุด)
แรงดันไฟฟ้า (Residual Voltage)		0.8 VDC (สูงสุด)
เวลาตอบสนอง	OFF Delay	0.1 mS (สูงสุด)
	ON Delay	0.4 mS (สูงสุด)

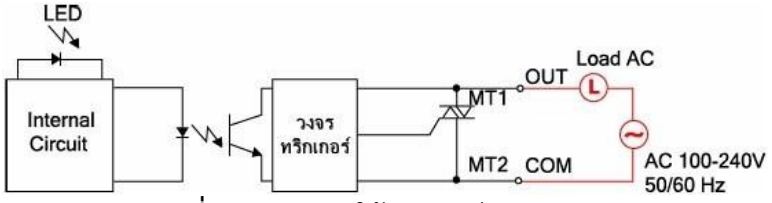
ภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP จะมีคุณสมบัติในเรื่องอัตราทนการทำงานสูงสุด (Max switching capacity) เหมือนกับภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN ซึ่งดูได้จากรูปที่ 2.23 เช่นกัน

- *เอาต์พุตชนิดโซลิตสเตรทรีเลย์ (Solid State Relay: SSR)* เอาต์พุตประเภทนี้จะนำมาใช้ควบคุมโหลด AC ที่ต้องการควบคุมความเร็วในการตอบสนองที่ดีกว่าใช้เอาต์พุตแบบรีเลย์ อุปกรณ์ภาคเอาต์พุตที่ใช้จะใช้ไตรแอดเป็นสวิตช์ควบคุมโหลด ลักษณะวงจรเอาต์พุตแบบ SSR นี้ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.26

รูปที่ 2.26 วงจรภายในเอาต์พุตโซลิตสเตรทรีเลย์ [4]

คุณสมบัติของไตรแอดจะทำให้สามารถควบคุมโหลด AC ได้ทั้งซีกบวกและซีกลบของรูปคลื่นไซน์ (Sine wave) ส่วนวงจรทริกเกอร์ทำหน้าที่กระตุ้นไตรแอดให้ทำงานสอดคล้องกับรูปคลื่นไซน์ อย่างน้อยก็เป็นการป้องกันไตรแอดได้ระดับหนึ่ง การต่อวงจรเอาต์พุตแบบ SSR สามารถต่อใช้งานได้ดังรูปที่ 2.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 การต่อใช้งานเอาต์พุต SSR [4]

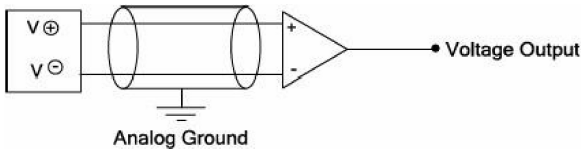
ลักษณะการต่อวงจรโหลดกับภาคเอาต์พุต SSR จะต่อในลักษณะอนุกรมกันโดยขาข้างหนึ่งของโหลดต่อกับขา OUT อีกข้างต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟสลับ ส่วนขาอีกข้างหนึ่งคือขา COM นำไปต่อกับขั้วแหล่งจ่ายไฟสลับอีกข้าง คุณสมบัติของเอาต์พุต SSR ดูได้จากตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตแบบโซลิตสเตรทรีเลย์ (SSR)

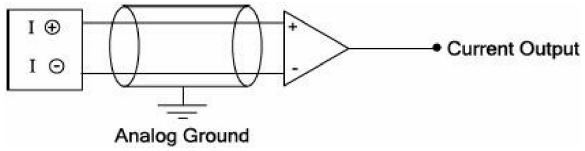
รายละเอียด		คุณสมบัติ
อัตราทนการทำงานสูงสุด (Max. switching capacity)		100-240 VAC(0.4A)
กระแสรั่วไหล (Leakage Current)		1 mA (สูงสุด) ที่ 100 VAC 2 mA (สูงสุด) ที่ 200 VAC
แรงดันไฟฟ้า (Residual Voltage)		1.5 V (สูงสุด) (0.4A)
เวลาตอบสนอง	OFF Delay	6 mS (สูงสุด)
	ON Delay	½ cycle + 5 mS (สูงสุด)

2) อนาลอกเอาต์พุต (Analog Output) ภาคเอาต์พุตของ PLC แบบอนาลอกเป็นการเพิ่มความสามารถให้ PLC ส่งสัญญาณควบคุมเชิงปริมาณได้ ค่าที่จะส่งออกไปก็จัดเป็นค่าสัญญาณมาตรฐานเหมือนภาคอิตพุตแบบอนาลอกคือ สัญญาณ 0-10 VDC, ±10 VDC และ 1-5 V (4-20mA) ลักษณะกราฟภาคเอาต์พุตที่จะส่งสัญญาณออกไปเหมือนกับกราฟอนาลอกอินพุตดังรูปที่ 2.16 การส่งสัญญาณของอนาลอกเอาต์พุตจะส่งสัญญาณ 2 แบบ คือ แรงดันและกระแส การต่อสายสัญญาณเพื่อเลือกสัญญาณเป็นกระแสหรือแรงดันของภาคเอาต์พุตอนาลอกจะมีสัญญาณกำกับขั้วไว้ สามารถแยกการต่อได้ 2 ลักษณะดังรูปที่ 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



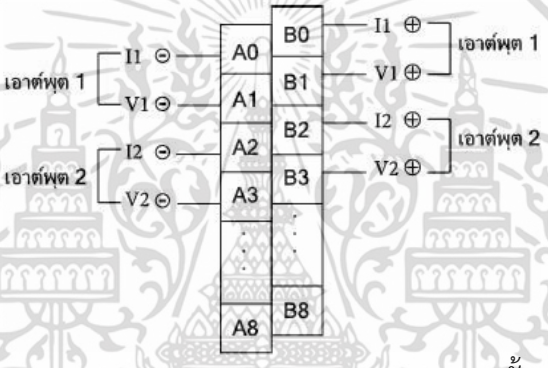
ก. ส่งสัญญาณแบบแรงดัน (Voltage Output)



ข. ส่งสัญญาณแบบกระแส (Current Output)

รูปที่ 2.28 ส่งสัญญาณแบบกระแส/แรงดันของอนาลอกเอาต์พุต [4]

วิธีสังเกตขั้วต่อสายของอนาลอกเอาต์พุต จะมีสัญลักษณะแยกไว้ว่าเป็นของอนาลอกเอาต์พุตชนิดใด ดังรูปที่ 2.29

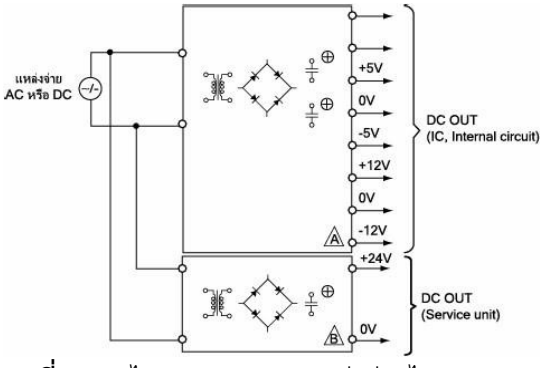


หมายเหตุ: ตั้งแต่ขั้ว A4-A8/B4-B8 ว่าง

รูปที่ 2.29 ตำแหน่งขั้วอนาลอกเอาต์พุต [4]

2.5.5 ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit)

ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน จะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายใน PLC ได้แก่ อุปกรณ์ไอซี, ไฟเลี้ยงวงจร กำหนดการทำงานแบบต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังจ่ายพลังงานเลี้ยงวงจรที่จะนำมาต่อกับ PLC ทั้งภาคอินพุต/เอาต์พุต ไดอะแกรมของแหล่งจ่ายพลังงานแสดงดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 ไดอะแกรมภาคแหล่งจ่ายไฟ PLC [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

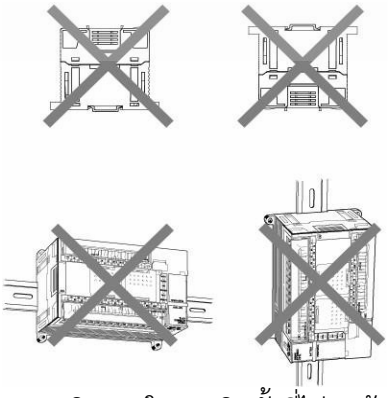
แหล่งจ่ายพลังงานของ PLC จะแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดหนึ่งสำหรับอุปกรณ์และวงจรภายในแต่ละโมดูลต่างๆของ PLC อีกชุดหนึ่งจะเป็นตัวจ่ายพลังงาน (Service Unit 24 VDC) 24 VDC สำหรับการต่อวงจรภาคอินพุตหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยปกติแล้วชุดบริการ 24 VDC ชุดนี้จะจ่ายกระแสได้ค่อนข้างต่ำ ไม่เหมาะสำหรับนำไปจ่ายโหลดที่ดึงกระแสสูง ส่วนมากจะนำไปต่อใช้งานเฉพาะวงจรภาคอินพุต PLC เท่านั้น แต่ถ้าจะนำไปต่อสำหรับทดสอบเครื่อง PLC หรือชุดฝึกทดลอง ก็ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายภายนอกเพิ่ม ยกตัวอย่างเช่น ชุดฝึกทดลอง PLC ของออมรอน เป็นต้น สำหรับการใช้งานจริง แหล่งจ่ายจะถูกออกแบบมา 2 ลักษณะ ตามโครงสร้างภายนอก PLC คือ แหล่งจ่ายชนิดที่รวมอยู่ในตัว PLC เลย เช่น CP1L จะมีชุดจ่ายพลังงานในตัวเพียงแค่ป้อนไฟให้กับ CP1L มันจะจัดสรรพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆบนตัว PLC อีกชนิดหนึ่ง โดยปกติแล้วแหล่งจ่ายพลังงานที่ผลิตออกมาสำหรับขายทั่วโลก จะออกแบบให้ใช้ระบบไฟได้หลายแบบ เพื่อที่จะทำให้ PLC ใช้ควบคุมระบบไฟฟ้าได้หลายแบบนั่นเอง

2.6 การติดตั้งพีแอลซี

ก่อนที่จะเริ่มต้นเขียนโปรแกรม จำเป็นต้องทราบวิธีการและข้อควรระวังต่างๆ ในการติดตั้งระบบ PLC ที่ถูกต้องเพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพในการทำงานและยืดอายุการใช้งาน นอกจากนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมอีกด้วย

2.6.1 สภาพแวดล้อมในการติดตั้ง

- ไม่ควรติดตั้ง PLC ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิและความชื้นเกินกว่าค่าพิกัดที่กำหนดไว้
- หลีกเลี่ยงบริเวณที่มีฝุ่นมากและมีกรดเกลือ หรือสารเคมี เช่น คลอไรด์
- ไม่ควรติดตั้งใกล้สายส่งไฟฟ้ากำลังและบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าและคลื่นวิทยุที่มีกำลังแรง เช่น อินเวอร์เตอร์ เป็นต้น
- ไม่ควรติดตั้ง PLC ในลักษณะตามรูปที่ 2.31

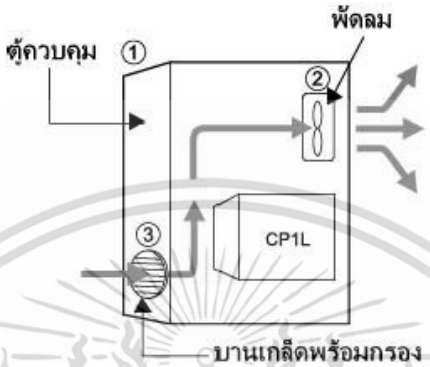


รูปที่ 2.31 ทิศทางในการติดตั้งที่ไม่ถูกต้อง [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การติดตั้งในตู้ควบคุม

ควรจัดให้มีการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอในการระบายความร้อน และอย่าติดตั้งอุปกรณ์ที่กำเนิดความร้อนใกล้ PLC เช่น Heater และ Transformer ถ้าอุณหภูมิแวดล้อมสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส ควรติดตั้งพัดลมหรือเครื่องปรับอากาศเพื่อระบายความร้อน ดังแสดงตัวอย่างในรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 2.32 แนวทางการระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์ [4]

2.6.3 การลดปัญหาจาก Noise และกระแส Spike

2.6.3.1 Noise จากอุปกรณ์แรงดันสูง

ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้ง PLC ในตู้ควบคุมที่มีอุปกรณ์แรงดันสูงติดตั้งอยู่และพยายามรักษาระยะห่างของ PLC จากสายส่งกำลังอย่างน้อย 200 มิลลิเมตร

2.6.3.2 กระแสสไปก์ (Spike) จากเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

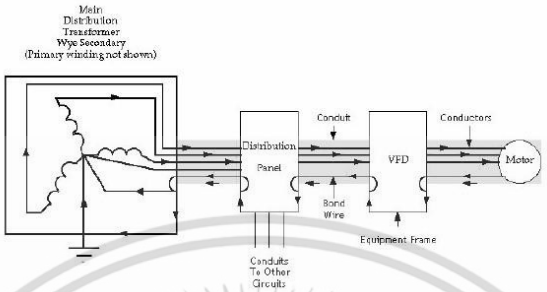
สไปก์ (Spike) คือแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าที่สูงอย่างมหาศาลและเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลัน ซึ่งอาจเกิดจากฟ้าผ่า แต่มีอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถสร้างความเสียหายให้อุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น พีแอลซีและเซนเซอร์ อุปกรณ์นั้นก็คือ เครื่องเชื่อมไฟฟ้า โดยปกติอุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะต่อกราวด์เข้ากับโครงของเครื่องจักรหรือตู้ควบคุม เมื่อเราใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากับส่วนที่เป็นโลหะซึ่งเป็นทางเดินของระบบกราวด์นี้อาจทำให้กระแสสไปก์ที่เกิดจากเครื่องเชื่อมไหลผ่านโลหะต่างๆเหล่านี้เข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งส่งผลให้อุปกรณ์ดังกล่าวเสียหายได้

2.6.3.3 Noise จาก AC Drive

จะก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนความถี่วิทยุ Radio Frequency Interference (RFI) ในช่วง 0.5-1.7 MHz และสร้าง Electromagnetic Interference Frequencies (EMI) ในช่วง 1.7-30 MHz ความถี่สูงเหล่านี้เกิดจากการทำงานของชุด PWM ซึ่งเกิดจากการลัดวงจรชั่วขณะของ IGBT นอกจากนั้น EMI ยังเกิดจากฮาร์มอร์นิกซึ่งเกิดขึ้นจาก “Reflected Wave” ที่มีเหตุมาจาก capacitive ของสายมอเตอร์ที่ยาวและมีผลต่ออิมพีแดนซ์ที่ไม่สอดคล้องกันของสายมอเตอร์กับขวดลวดมอเตอร์ รวมๆแล้วเราเรียก EMI/RFI นี้ว่า Electrical Noise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Noise ที่เกิดขึ้นอาจย้อนกลับจาก AC Drive สู่แหล่งจ่ายไฟและส่งผลกระทบกับอุปกรณ์อื่นๆ EMI/RFI จะพยายามแพร่กระจายไปตามตัวมอเตอร์สู่สายมอเตอร์และอาจกระจายสู่กราวด์ จากนั้นจะพยายามแพร่กระจายกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟต้นกำลังที่จ่ายให้ AC Drive หรือ Inverter ซึ่งเส้นทางการย้อนกลับนี้อาจผ่านทางระบบกราวด์เข้าไปถึงจุดต่อ WYE ที่ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง ดังแสดงได้ในรูปที่ 2.33

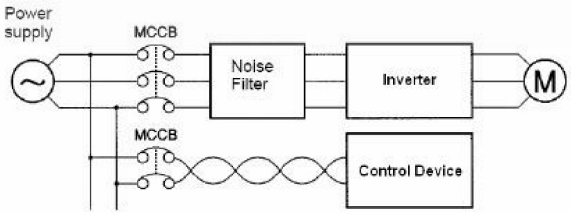


รูปที่ 2.33 เส้นทางการย้อนกลับของ Noise [4]

เส้นทางการไหลกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังของ EMI/RFI ตามท่อร้อยสายและอุปกรณ์ต่างๆของระบบกราวด์ ทำให้เกิด “Voltage Gradient” ซึ่งส่งผลกระทบกับอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ โดยเราจะเห็นได้ว่าการกราวด์ของระบบอาจประกอบด้วยมอเตอร์ โครงตู้ต่างๆ ท่อร้อยสาย เหล็กโครงสร้าง เช่น I-beam ท่อน้ำ ดังนั้น EMI/RFI และ Voltage Gradient ที่เกิดขึ้นจะแพร่กระจายไปตามอุปกรณ์ต่างๆเหล่านั้น ทำให้เกิดปัญหากับอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ที่อยู่ตามเส้นทางของมัน

การลดผลกระทบของ Noise จากการที่ได้กล่าวมาข้างต้น Noise จะแพร่กระจายไปทั่วอุปกรณ์ที่เป็นโลหะของระบบกราวด์ ซึ่งการแก้ไขปัญหาทำได้ค่อนข้างยาก เราขอแนะนำวิธีการลดปัญหาของ Noise ที่เกิดจากอินเวอร์เตอร์ ดังนี้

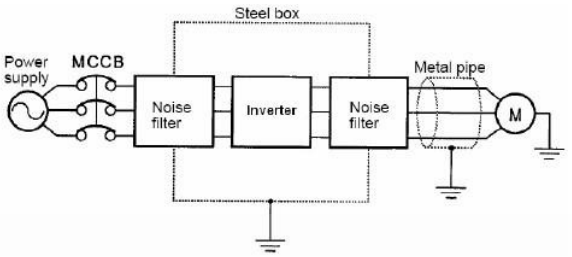
1) การใช้ Noise Filter ที่ด้านอินพุตของอินเวอร์เตอร์ จะช่วยลดผลกระทบของ Noise ที่จะถูกส่งย้อนกลับไปที่แหล่งจ่ายไฟ แต่ควรเลือกฟิลเตอร์ที่ออกแบบหรือขนาดที่เหมาะสมกับอินเวอร์เตอร์นั้นๆ ดังแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.34 การใช้ฟิลเตอร์ด้านอินพุตเพื่อลดผลของ Noise [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นเรายังสามารถลด Noise ที่เกิดขึ้นจาก Reflecter Waves จากมอเตอร์โดยการใส่ฟิลเตอร์ที่ด้านเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ถ้าจำเป็น แสดงดังรูป แต่จะใช้ในกรณีเมื่อสายมอเตอร์มีความยาวมาก



รูปที่ 2.35 การใช้ฟิลเตอร์ด้านเอาต์พุตเพื่อลดผลของ Noise [4]

2) การลดความถี่ Carrier Frequency ในอินเวอร์เตอร์จะมีชุด PWM ทำหน้าที่ควบคุม IGBT เพื่อจ่ายไฟให้มอเตอร์ ซึ่งเราสามารถปรับเปลี่ยนความถี่ของชุด PWM ได้และเรียกความถี่นี้ว่า Carrier Frequency การลดความถี่นี้อาจช่วยให้ลด Noise ที่เกิดขึ้นได้

3) การแก้ปัญหาของสายสัญญาณ ทำได้โดยใช้สาย Shielded และ Ferrite core ที่ปลายสายทั้งสองด้าน โดยปกติกราวด์จะชีลด์เข้ากับแหล่งจ่ายไฟสัญญาณเพียงด้านเดียว นอกจากนั้นเราควรแยกสายสัญญาณออกจากสายส่งกำลังและกราวด์ที่เป็นเส้นทางเดินของ Noise

2.6.4 การเดินสายสำหรับแหล่งจ่ายไฟ

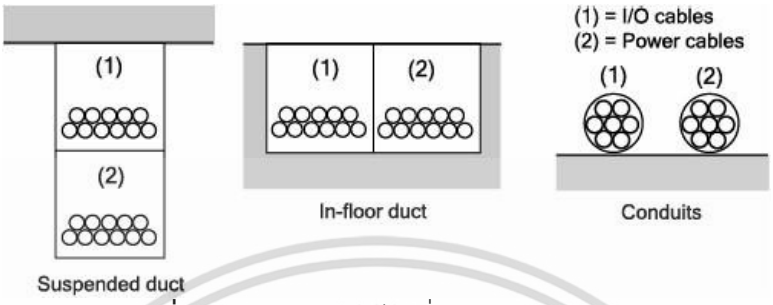
- AC Power Supply ในกรณีที่ระบบ PLC ที่ใช้งานต้องการแหล่งจ่ายไฟ AC ควรติดตั้ง Isolated Transformer หรือ Noise filter เพิ่มเติมที่ด้านอินพุตของแหล่งจ่ายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เนื่องจากหม้อแปลงมีหลักการทำงานด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวดด้าน Primary และสร้างให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ด้าน Secondary โดยไม่มีการต่อถึงกันทางไฟฟ้า ด้วยหลักการนี้เมื่อเกิดการกระชากของแรงดันหรือกระแสที่ด้าน Primary จะส่งผลกระทบไปยังด้าน Secondary น้อยกว่าการต่อถึงกันโดยตรง เนื่องจากแกนเหล็กของหม้อแปลงเกิดการอิ่มตัว

- DC Power Supply ในกรณีที่ระบบ PLC ที่ใช้งานต้องการแหล่งจ่ายไฟ DC ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะใช้ไฟ 24 VDC ดังนั้นจึงใช้ Switching Power Supply เพื่อจ่ายไฟให้กับ PLC ไม่แนะนำให้ใช้หม้อแปลแล้วต่อกับไดโอดเพื่อทำเป็นวงจรจ่ายไฟ DC ให้กับ PLC เพราะไฟที่ได้จะไม่เรียบพอซึ่งจะส่งผลต่อการทำงานของ PLC ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 การเดินสายอย่างปลอดภัยและลดปัญหาสัญญาณรบกวน

- การเดินสายสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต ควรเดินสายสัญญาณแยกออกจากสายไฟฟ้ากำลังไม่ว่าจะเป็นภายในหรือภายนอกตู้ควบคุมโดยการแยกท่อหรือรางที่ใช้เดินสาย ทั้งนี้เพื่อป้องกัน Noise ที่เกิดจากสายไฟฟ้ากำลังซึ่งอาจส่งผลให้อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต และ PLC เกิดความเสียหายได้



รูปที่ 2.36 การเดินสายไฟที่แยกท่อและราง [4]

การเดินสายแบบแบ่งกลุ่ม จะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยลดปัญหา Noise ที่เกิดขึ้นในระบบได้ ในรูปข้างล่างนี้จะแสดงการแบ่งกลุ่มหรือประเภทของสายตัวนำ โดยทั่วไปสายตัวนำกลุ่ม 1 ไม่ควรเดินร่วมกับสายตัวนำกลุ่มอื่น ควรเดินสายแยกท่อหรือแยะรางออกจากกัน

- การเดินสายเอาต์พุตอินดักทีฟ เอาต์พุตอินดักทีฟที่พบบ่อยคือ Solenoid Valve โดยเฉพาะวาล์วไฮดรอลิกที่ใช้กระแสไฟสูงเมื่อเริ่มทำงานเพื่อสั่งให้ลิ้นวาล์วเคลื่อนที่ ยิ่งใช้งานไปนานๆ ลิ้นวาล์วจะเริ่มติดขัดทำให้เคลื่อนที่ไม่สะดวกเหมือนของใหม่ จะยิ่งทำให้เอาต์พุตต้องรับกระแสกระชากที่สูงเป็นเวลานานกว่าปกติ เมื่อใช้งานไปนานๆ จะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์เสียหายเร็วกว่าปกติ ควรติดตั้งวงจร Suppressor หรือ Diode ต่อคร่อมที่โหลด เพื่อช่วยลดกระแสกระชากที่เกิดขึ้นจากโหลดอินดักทีฟ ดังแสดงในรูปข้างล่างนี้

รูปที่ 2.37 วงจรลดปัญหา Surge [4]

คุณสมบัติของ Suppressor ที่ใช้ คือ R=50 Ω และ C= 0.47 μF, 200V

คุณสมบัติของ Diode ที่ใช้คือ Breakdown Voltage: 3 เท่าของแรงดันโหลดต่ำสุด

Mean rectification current: 1 A

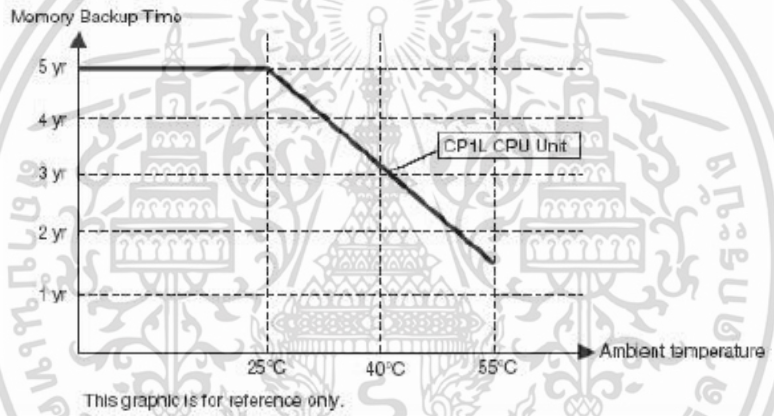
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6 การติดตั้งแบตเตอรี่

ส่วนใหญ่แล้ว PLC จะมีแบตเตอรี่ทำหน้าที่สำรองข้อมูล เช่น DM, Timer และ HR เป็นต้น แต่ไม่ได้ทำหน้าที่สำรองโปรแกรมแลดเดอร์ ดังนั้นเมื่อไฟดับ PLC จะเก็บข้อมูลล่าสุดของ DM ไว้ ทำนองเดียวกันถ้าแบตเตอรี่หมด โปรแกรมจะไม่หายเพราะเก็บอยู่ใน flash memory แต่ข้อมูลใน DM จะหาย

2.6.7 อายุการใช้งานของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ถ้าใช้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติค่าอายุการใช้งานจะอ้างอิงตามกราฟข้างล่างนี้ ดังนั้นควรเปลี่ยนแบตเตอรี่ทุกๆ 5 ปี เพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพของแบตเตอรี่ ซึ่งอาจทำให้เกิดกรดขึ้นและทำลายแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของ PLC ได้



รูปที่ 2.38 กราฟอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีหุ่นยนต์เชื่อมแขนกล
(Arc Welding Robotic)

การต่อโลหะเข้าด้วยกันได้ดีที่สุดนั้น คือ กระบวนการเชื่อมที่ให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงพบว่ากระบวนการเชื่อมจึงมีการใช้งานเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับโลหะทั่วไปในทุกๆ ที่และทุกๆ สถานที่ แต่มนุษย์ยังมีขีดจำกัดในการทำงานซ้ำๆ กันให้ได้ผลดีสม่ำเสมออย่างต่อเนื่องในระยะเวลานาน งานเชื่อมมีลักษณะเฉพาะของงาน ซึ่งเมื่อช่างเชื่อมดำเนินการไปเป็นระยะเวลานาน ช่างเชื่อมจะเกิดความเมื่อยล้าทางกาย และความเครียดทางประสาท ซึ่งจะเป็นการบั่นทอนความชำนาญของช่างเชื่อม ด้วยเหตุนี้เองกระบวนการเชื่อมจึงมีวิวัฒนาการเป็นแบบอัตโนมัติ เพื่อให้การควบคุมรอยเชื่อมของช่างเชื่อมง่ายขึ้นและเกิดรอยเชื่อมซึ่งมีคุณสมบัติตามความต้องการอย่างสม่ำเสมอ ในทุกๆ วันนี้กระบวนการเชื่อมประสานโลหะด้วยไฟฟ้า ได้ถูกพัฒนารูปแบบเป็นไปในระบบกระบวนการเชื่อมแบบอัตโนมัติโดยแรกเริ่มวิธีการนี้เป็นที่รู้จักกันในวงงานอุตสาหกรรมรถยนต์ที่นำมาประยุกต์จนประสบความสำเร็จ ปัจจัยหนึ่งของส่วนอื่นๆ ที่เป็นจุดเด่นและสำคัญที่สุด คือ ค่าแรงของแรงงาน ก็คือ คนงานที่กำลังมีปัญหาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ค่าแรงงานมีผลต่อการนำไปรวมกับงานเชื่อมด้วยและด้วยความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจึงได้มีนำเทคโนโลยีที่มีความยืดหยุ่นสูง ได้แก่ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot) ซึ่งสามารถทำการเปลี่ยนการทำงานได้อย่างรวดเร็วโดยเพียงแต่เปลี่ยนโปรแกรม และอุปกรณ์ตัวช่วยอื่นๆ เท่านั้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด โดยจะขอกล่าวถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับหุ่นยนต์งานเชื่อม (Arcs Welding Robotics)

3.1 ความเป็นมาและชนิดของหุ่นยนต์งานเชื่อม

แต่ดั้งเดิม "หุ่นยนต์" หรือ “โรบ็อท” (Robot) ได้ถูกกำหนดตามหน้าที่ของอุปกรณ์การผลิตด้วยระบบอัตโนมัติหรือเครื่องจักรที่ปฏิบัติตามหน้าที่ด้วยตัวของมันเอง เปรียบเหมือนมนุษย์ที่ขาดอารมณ์และความรู้สึกหรือคนงานที่ไม่มีความรู้สึก และยังสามารถทำงานหนักได้มากกว่ามนุษย์เป็นสองเท่า โดยหุ่นยนต์ได้ถูกกำหนดตามความสามารถในการตั้งโปรแกรมได้หลายครั้ง ไอแซก อาสิมอฟ (Isaac Asimof) หนึ่งในนักวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุดท่านหนึ่ง เป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ใช้คำว่า “ศาสตร์หุ่นยนต์” (Robotics) ซึ่งได้ทำการตั้งกฎไว้ 3 ข้อ ดังนี้ คือ

1. หุ่นยนต์จะต้องไม่ทำร้ายมนุษย์หรือไม่นำผู้ใดผู้หนึ่งไปสู่อันตราย
2. หุ่นยนต์จะต้องเชื่อฟังมนุษย์เสมอ เว้นเสียแต่คำสั่งนั้นจะขัดแย้งกับกฎข้อที่ 1.
3. หุ่นยนต์จะต้องป้องกันตัวเองได้จากอันตรายที่เกิดขึ้น เว้นเสียแต่สิ่งนั้นจะขัดแย้งกับกฎข้อที่ 1. และกฎข้อที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

ประกอบด้วยฐาน (Base) แขนหุ่นยนต์ (Arm) ระบบการเคลื่อนที่ (Drive System) ที่ออกแบบเพื่อการเคลื่อนที่ของวัตถุให้เกิดประโยชน์ได้หลายๆ หน้าที่ด้วยกัน เช่น ยกหรือหยิบจับชิ้นส่วน และยังสามารถเคลื่อนย้ายวัตถุอุปกรณ์ เครื่องมือ หรืออุปกรณ์พิเศษต่างๆ โดยอาศัยวิธีการของตัวแปรโปรแกรมของการเคลื่อนที่ที่เปลี่ยนไป สำหรับผลของการปฏิบัติงานหรือสมรรถนะอันหลากหลายของการทำงานได้ตามความต้องการของงานนั้นๆ นี่คือคำนิยามของสมาคมอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ ในญี่ปุ่นสมาคมหุ่นยนต์แห่งอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIRA : The Japan Industrial Robot Association) ได้ให้ความหมายของหุ่นยนต์ไว้ 6 ประเภท ดังนี้ คือ

1) หุ่นยนต์ที่ถูกควบคุมด้วยมือ (Manual Manipulator) คือ การทำงานโดยผู้ปฏิบัติงานคอยควบคุมเครื่องโดยตรงของงานส่วนหนึ่งหรือทั้งหมด ซึ่งปราศจากโปรแกรมใดๆ

2) หุ่นยนต์ที่ปฏิบัติตามลำดับอย่างแน่นอน (Fixed–Sequence Robot) สามารถทำงานตามกำหนดได้ซ้ำๆ อีก หรือทำงานได้อย่างต่อเนื่องกันหลายครั้งหลายหนตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้แน่นอนล่วงหน้าตามลำดับ และไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงได้โดยง่าย ซึ่งการเคลื่อนที่ได้ถูกกำหนดขอบเขตของการทำงาน

3) หุ่นยนต์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยง่ายและรวดเร็ว (Variable–Sequence Robot) มีลักษณะเหมือนกับหุ่นยนต์ที่ปฏิบัติตามลำดับอย่างแน่นอน ยกเว้นข้อมูลนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้

4) หุ่นยนต์ที่ทำงานย้อนกลับได้ (Playback Robot) เป็นหุ่นยนต์ที่ต้องอาศัยการทำงานจากผู้ปฏิบัติงานเป็นตัวอย่างครั้งแรกก่อน โดยขณะที่ผู้ปฏิบัติงานได้ทำงานอยู่นั้น หุ่นยนต์จะจดจำการทำงานทุกขั้นตอนเอาไว้ในหน่วยความจำ ซึ่งครั้งต่อๆ ไป หุ่นยนต์จะทำงานเองตามข้อมูลที่เก็บเอาไว้ จึงมีความสามารถทำงานย้อนกลับได้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ได้มาจากหน่วยความจำของการปฏิบัติงานเพื่อต้องการให้ปฏิบัติตามข้อมูล แต่ดั้งเดิมสามารถทำงานให้สำเร็จได้ภายใต้การควบคุมของมนุษย์ อันได้แก่ ลำดับขั้นตอน เงื่อนไข ตำแหน่ง หรือข้อมูลอื่นๆ

5) หุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยตัวเลขหรือเอ็นซี (Numerical Control Robot : NC) คือ ส่วนที่ประกอบกันเป็นตัวหุ่นยนต์ที่สามารถกระทำตามเงื่อนไขของภาระหน้าที่ได้ตามลำดับ และการหาตำแหน่งโดยการสั่งผ่านทางตัวเลข เพื่อเป็นข้อมูลส่งเข้าสู่การ์ด โดยการเจาะให้เป็นรูหรือเทปกระดาษหรือดิจิตอลสวิตช์ (Digital Switch)

6) หุ่นยนต์ที่มีความสามารถในการเรียนรู้หรือหุ่นยนต์ที่มีสมองเทียม (Intelligent Robot) เป็นหุ่นยนต์ที่จัดอยู่ในระดับชั้นที่สูงที่สุด ซึ่งส่วนที่ประกอบกันเป็นตัวหุ่นยนต์ได้ถูกรวบรวมจากการสัมผัสและความรู้สึกในรับรู้จากการสัมผัส การจำแนก ความคิดรวบยอดหรือสรุป การเปลี่ยนแปลงเพื่อสำหรับในการตรวจและเปลี่ยนให้ถูกต้องตามสภาวะแวดล้อมที่เกิดขึ้นของงานด้วยความสามารถในการตัดสินใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

ในการใช้งานด้านอุตสาหกรรม หุ่นยนต์ที่มีประโยชน์มากจะต้องประกอบด้วยเหตุผล หลักการต่างๆ และหลายๆ อย่างรวมเข้าด้วยกัน ดังนี้ คือ

1) จะต้องมีมือจับชิ้นส่วนของงานหรือหัวเชื่อมหรืออุปกรณ์ที่นำไปใช้ในการทำงานได้
2) แขนกลต้องมีความคล่องตัวอิสระสามารถทำการเคลื่อนที่ได้โดยสะดวก
3) ข้อมือจะต้องมีส่วนประกอบเพื่อความคล่องตัวในการทำงาน
4) มีกำลังเพียงพอที่จะยกน้ำหนักของชิ้นส่วนรวมทั้งน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์เอง
5) สามารถควบคุมการทำงานและมีระบบป้อนกลับ
6) สามารถโปรแกรมและจัดลำดับขั้นการทำงานได้
7) ต้องตีความหมายของขั้นตอนการทำงานที่เก็บไว้ในรูปโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำได้
8) ต้องทำงานได้อย่างรวดเร็วกว่าหรือเท่ากับหรือมากกว่ามนุษย์ที่ทำด้วยมือ

3.4 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม

ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ดังนี้

3.4.1 ลำตัว (Body)

โดยลำตัวของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมประกอบด้วย ฐาน แขนกล มือ และลำตัว ซึ่งเป็นส่วนที่มีการเคลื่อนที่และจะต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา บางครั้งอาจจะต้องทำการยกของหนัก ดังนั้น ลำตัวจะต้องมีโครงสร้างที่มีความ

3.4.2 ระบบของการควบคุม (Controller)

เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของลำตัวให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ ส่วนนี้จะทำหน้าที่โปรเซสข้อมูลทั้งหลายที่ใช้ในการควบคุม และรับข้อมูลจากการวัด ออกคำสั่งให้กลไกแต่ละชิ้นในหุ่นยนต์ทำงาน การควบคุมแขนหุ่นยนต์ จะมีวิธีการควบคุมตามลำดับการทำงาน และควบคุมตำแหน่งหรือระยะทางโดยการควบคุมแบบป้อนกลับ เครื่องควบคุมส่วนใหญ่จะประกอบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์อยู่ภายใน และแป้นพิมพ์ที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูล ฯลฯ

3.4.3 ระบบของการขับเคลื่อน (Drive of System)

เป็นส่วนที่จ่ายพลังงานป้อนให้ลำตัวของหุ่นยนต์ทำงาน ถ้าหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ส่วนนี้จะเป็นส่วนจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์แต่ละตัว บางครั้งส่วนขับเคลื่อนจะอยู่ภายในส่วนควบคุมด้วย แต่ถ้าหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิก จะต้องมีส่วนขับเคลื่อนแยกออกมาต่างหาก หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนโดยใช้ลมก็ต้องมีแหล่งลมจ่ายเข้ามาเช่นเดียวกัน แต่อาจจะจ่ายให้อุปกรณ์อื่นๆ ในระบบด้วย ดังนั้นจึงควรรู้จักถึงหน้าที่การทำงานของระบบของการขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ระบบไฮดรอลิก ระบบของการขับเคลื่อนโดยใช้ลมหรือนิวแมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ระบบการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

ปัจจุบันมีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

3.5.1 ระบบของการขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสำหรับหุ่นยนต์จะเป็นมอเตอร์แบบเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยทั้งนี้จะใช้ร่วมกับเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ต่างๆ ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) กล่าวคือ อุปกรณ์ที่แปลงค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรือน้ำหนักเป็นสัญญาณไฟฟ้าหรือที่นำมาใช้กับหุ่นยนต์ ก็ คือ การแปลงตำแหน่งและส่งสัญญาณดิจิตอลกลับไปยังชุดควบคุม เพื่อการประมวลผลและควบคุมตำแหน่งต่อไป) เพื่อสำหรับตรวจจับตำแหน่ง ความเร็วหรือความเร่ง แล้วส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้านี้ให้ความละเอียดค่อนข้างเงียบและสามารถใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็กในการเคลื่อนที่ได้ดี จึงทำให้มีสมรรถนะในการทำงานเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 3.1 ข้อดีและข้อเสียของระบบของการขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

ข้อดี	ข้อเสีย
- มีความเร็ว - มีความแม่นยำและแน่นอนในการควบคุมระดับความเที่ยงตรงสูง และสามารถทำซ้ำได้ดี จึงทำให้มีประสิทธิภาพสูง - ราคาต่ำ เพราะไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายพลังงานที่มีราคาแพง - สะอาดและเงียบ - เปรียบเทียบด้านต้นทุนจะไม่สูงมากนัก - ใช้กับโหลดขนาดใหญ่ - โครงสร้างไม่ซับซ้อนทำให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง - ใช้ขนย้ายน้ำหนักบรรทุกขนาดเล็กถึงปานกลาง - มีส่วนของระบบความดันอากาศและความดันน้ำมันประกอบเล็กๆ น้อย	- ต้องการกลไกสำหรับใช้ในการเบรก - การบำรุงแปรงถ่านจำเป็นสำหรับดีซีมอเตอร์ - ไม่สามารถที่จะรักษาระดับกำลังที่ก่อให้เกิดการหมุนให้คงที่ไว้ได้ในที่ระดับความเร็วรอบต่างๆกัน - อาจจะเสียหายได้หากน้ำหนักที่รับไว้นั้นมากพอที่จะทำให้มอเตอร์หยุด - มีอัตราส่วนระหว่างกำลังที่ได้จากมอเตอร์ต่อน้ำหนักของมอเตอร์นั้นต่ำจึงจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่

3.5.2 ระบบไฮดรอลิก

เป็นระบบที่ง่ายต่อการดูแลรักษา ทนทาน การเคลื่อนที่ทำได้รวดเร็ว และเหมาะสมกับงานขนาดใหญ่หรืออุตสาหกรรมหนัก หุ่นยนต์เหล่านี้จะถูกออกแบบมาให้ใช้ประโยชน์จากความได้เปรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางกล ซึ่งสามารถใช้พลังงานของของไหลหรือน้ำมันได้ แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหุ่นยนต์ที่ใช้พลังงานไฮดรอลิกจะต้องอาศัยพลังงานความดันของน้ำมันจึงจำเป็นต้องมีชุดต้นกำลังที่ใช้ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าอยู่ดี

ตารางที่ 3.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบของการขับเคลื่อนโดยใช้ระบบไฮดรอลิก

ข้อดี	ข้อเสีย
- ปลอดภัยกับสภาพแวดล้อม เช่นการ พ่นสี - ใช้กับโหลดขนาดใหญ่ - สามารถที่จะรักษาระดับกำลังที่ก่อให้เกิดการหมุนได้ตลอดของช่วงเวลานานๆ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายเมื่อหยุดการทำงาน - สามารถขนย้ายน้ำหนักบรรทุกได้มากถึง 2,000 ปอนด์ (907 กิโลกรัม) หรือมากกว่านั้น - มีความเร็วและความแม่นยำในการวางตำแหน่งอยู่ในระดับปานกลาง	- เกิดการลดประสิทธิภาพในการทำงาน อันเนื่องมาจากการรั่วซึมของน้ำมันออกจากระบบ จึงก่อให้เกิดความรำคาญ - ต้องมีเครื่องกรอง - ในระบบไฮดรอลิกอาจจะเกิดฟองอากาศที่ก่อให้เกิดความยากลำบากในการเคลื่อนที่ จึงต้องมีเครื่องดักอากาศ - ให้ความเที่ยงตรงในการทำงานน้อยกว่าการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า แต่มากกว่าระบบการขับเคลื่อนโดยใช้ลม เพราะว่าน้ำมันนั้นไม่สามารถที่จะอัดตัวได้แบบลม นั่นเองคือ มันไม่สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงปริมาตรของมันเองได้ เพราะว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดัน - ต้องการแหล่งจ่ายกำลังที่มีราคาสูง จึงทำให้มีราคาแพง - ต้องการการดูแลรักษาเป็นอย่างดีและต้นทุนในการดูแลรักษามีราคาสูง - ต้องการวาล์วที่มีความเที่ยงตรงแน่นอนซึ่งมีราคาสูง - นอกจากนั้นอาจเกิดเสียงดังที่มาจากปั้ม - เซอร์โวมอเตอร์ ที่ใช้ควบคุมการไหลของเหลวให้เคลื่อนที่ ต้องติดตั้งให้อยู่ใกล้กับอุปกรณ์ทำงานหรือตัวกระตุ้น เพื่อเพิ่มแรงขึ้นในระบบควบคุม เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของอากาศที่รุนแรง อันเกิดมาจาก ฝุ่น ความสกปรก และความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ระบบของการขับเคลื่อนโดยใช้ลมหรือนิวแมติก

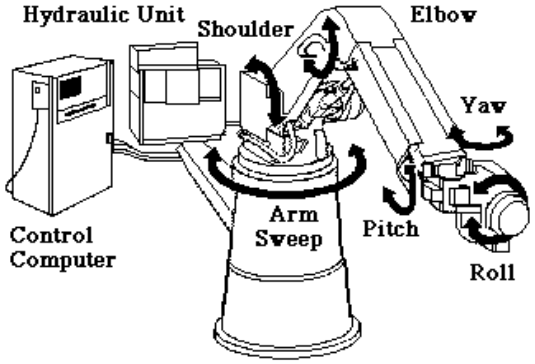
เป็นระบบที่ใช้กับหุ่นยนต์ขนาดเล็กและเป็นระบบที่ไม่ยุ่งยากในการใช้งาน หุ่นยนต์ระบบนี้ค่อนข้างจะได้รับความนิยมมากกว่าหุ่นยนต์ที่ใช้ไฮดรอลิก ทั้งนี้เนื่องมาจากระบบนี้มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าระบบไฮดรอลิก โดยมีโครงสร้างของระบบที่คล้ายคลึงกันกับระบบการขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิก

ตารางที่ 3.3 ข้อดีและข้อเสียของระบบของการขับเคลื่อนโดยใช้ลมหรือนิวแมติก

ข้อดี	ข้อเสีย
- ปรกติจะนำมาใช้กับเครื่องจักรที่มีระบบไม่ซับซ้อน เพราะจะมีตัวหยุดกลไก เป็นตัวทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่จนกระทั่งทำให้ก้านสูบหยุดด้วยเหตุนี้ผลที่ได้รับจากการหยุดการเคลื่อนที่จึงมีระดับความเที่ยงตรงสูง - การใช้งานจะอยู่ในเครื่องจักรที่มีระบบง่ายๆ - ให้ความเร็วในการทำงานได้สูงสุด - ต้นทุนต่ำ เมื่อเทียบกับการขับเคลื่อนชนิดอื่นๆ - ง่ายต่อการบำรุงรักษา - สามารถที่จะรักษาระดับกำลังที่ก่อให้เกิดการหมุนให้คงที่ตลอดไว้ได้ในระดับความเร็วที่ต่างๆ กัน (แต่น้อยกว่าระบบขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิก) - สามารถที่จะรักษาระดับกำลังที่ก่อให้เกิดการหมุนได้ตลอดช่วงเวลานานๆ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหาย เมื่อหยุดการทำงาน - งานที่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ต้นทุนต่ำ - สามารถขนย้ายน้ำหนักบรรทุกได้ทั้งขนาดเล็กและขนาดปานกลาง	- เมื่ออากาศมีการอัดตัวได้ในระดับที่สูง ทำให้ความสามารถในการควบคุมผลที่จะเกิดตลอดขอบเขตการทำงานนั้นลดความเที่ยงตรงแม่นยำลง - ไม่สามารถที่จะให้การทำงานที่เที่ยงตรงแม่นยำสูงๆ ได้ - มีปัญหาของการสั่นสะเทือนขณะหมุนของแขนกล เมื่อมอเตอร์ระบบนิวแมติกหรือกระบอกสูบหยุดการทำงาน - ต้องการสารหล่อลื่นให้กับกระบอกสูบ - มีกำลังน้อย - เคลื่อนที่โหลดขนาดใหญ่ไม่ได้

โครงสร้างของลำตัว ประกอบด้วย แขน และมือ ส่วนต่อระหว่างแขนและมือเรียกว่า ข้อต่อ ปกติแขนจะเคลื่อนที่ไปอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดโดย ระยะพิกัด 3 มิติ และมือจะหมุนทำมุมตามที่กำหนดในการทำงาน การทำงานของแขนหุ่นยนต์ ณ จุดใดจุดหนึ่ง ใน 3 มิตินั้น จะต้องมีแขนที่มีระดับความอิสระในการเคลื่อนที่ 3 ทิศทาง คือ X, Y และ Z ส่วนมือจะมีระดับความอิสระในการเคลื่อนที่ 3 ทิศทาง เช่นเดียวกัน คือ (α, β และ γ) รวมระดับความอิสระในการเคลื่อนที่ทั้งหมดเท่ากับ 6 ทิศทาง (ดังแสดงในรูปที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การกำหนดตำแหน่งการทำงานของแขนหุ่นยนต์ [9]

ความแตกต่างในคำนิยามเหล่านี้อยู่ในส่วนของความรับผิดชอบของหุ่นยนต์ที่มีจำนวนมากมายที่ได้นำไปใช้งานอย่างน้อยเพียงแต่ชื่อ สำหรับในประเทศญี่ปุ่นมีหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมากที่สุดในโลก ทั้งๆ ที่ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่คิดค้นหุ่นยนต์ขึ้นมาก่อน แต่ปรากฏว่าไม่เป็นที่สนใจในกลุ่มอุตสาหกรรมของประเทศสหรัฐอเมริกา ในยุโรป หุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้ถูกกำหนดตาม ISO/TR 8373

3.6 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเป็นเครื่องจักรที่มีการควบคุมแบบอัตโนมัติ สามารถใช้โปรแกรมใหม่ได้ ใช้งานได้เอนกประสงค์และมีระดับความอิสระในการเคลื่อนที่หลายๆ แกน หรือการเคลื่อนที่แตกต่างกันเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนขององศาอิสระหรือระดับความอิสระในการเคลื่อนที่ (Degrees of Freedom : DOF) คือ มีความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่ในทิศทางใดๆ ซึ่งอาจจะเป็นอย่างใดอย่างหนึ่ง คือ อาจอยู่ประจำที่หรือเคลื่อนที่เร็ว เพื่อสำหรับนำไปใช้ในวงการอุตสาหกรรมอัตโนมัติ

โดยส่วนมากใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมมีการเคลื่อนที่ในลักษณะของการเคลื่อนที่เหมือนกัน โปรแกรมได้ถูกบรรจุใส่เข้าไว้ในอุปกรณ์ของหน่วยความจำและยังสามารถปฏิบัติย้อนกลับได้ในระหว่างการปฏิบัติงานได้ต่อเนื่องกัน การย้อนกลับใช้ควบคุมพลังงานเพื่อการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานหรือตัวกระตุ้น โดยจัดให้มีการเคลื่อนที่ 3 มิติ อุปกรณ์ย้อนกลับจะแสดงถึงหน่วยความจำของคำสั่งในการปฏิบัติงานตามลำดับ ชุดของหน่วยความจำจะประเมินถึงค่าของสัญญาณย้อนกลับและการเคลื่อนที่ไปสู่ขั้นตอนต่อไปของโปรแกรม โดยปรกติหุ่นยนต์น็อนเซอร์โวของการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุดหรือจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง ใช้หน่วยความจำอย่างง่ายเพื่อจัดอันดับของการปฏิบัติงานของลำดับย้อนกลับ โดยพลังงานของการย้อนกลับถูกส่งไปตามทิศทางและตรวจจับสัญญาณย้อนกลับจนกระทั่งสามารถแสดงถึงตำแหน่งของขอบเขตโดยเฉพาะ ในที่สุดการปฏิบัติตามคำสั่งสามารถทำให้สำเร็จได้ด้วยหน่วยความจำที่ได้ทำไปตามขั้นตอนต่อไปและกระบวนการนี้สามารถทำวนซ้ำจนกระทั่งถึงขั้นตอนทั้งหมดของลำดับที่ทำได้สำเร็จสมบูรณ์ ชุดหน่วยควบคุมเซอร์โว จะมีเส้นทางแบบต่อเนื่องกับหุ่นยนต์ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงเกณฑ์มาตรฐานของเวลา โดยปรกติจะเป็นเวลา 60 ครั้งต่อวินาที ชุดเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้บ่งชี้ถึงของการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุดหรือจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งได้อย่างราบเรียบและรวดเร็ว โดยปรกติชุดหน่วยควบคุมเซอร์โว จะมีเส้นทางแบบต่อเนื่องกับหุ่นยนต์ที่ถูกสอนด้วยเวลาจริงๆ เพื่อสำหรับนำทางในการเคลื่อนที่ และการเริ่มต้นของโปรแกรมยังสามารถทำการแก้ไขเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่จำเป็นได้ ระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์พื้นฐานนี้มีความสามารถปฏิบัติตามการคำนวณของข้อมูลที่เข้ามาซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับหุ่นยนต์สมัยใหม่ หุ่นยนต์ไฟฟ้าจะใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนเป็นแบบเซอร์โวมอเตอร์ ที่อยู่บนแกนของแต่ละแกน ชุดหน่วยควบคุมหุ่นยนต์สามารถแยกออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้ คือ ชุดหน่วยควบคุมเซอร์โว หรือ ชุดหน่วยควบคุมน็อนเซอร์โว และชุดหน่วยควบคุมเซอร์โวหุ่นยนต์สามารถแยกเป็นชุดหน่วยควบคุมการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุดหรือจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งหรือชุดหน่วยควบคุมเซอร์โวจะมีเส้นทางแบบต่อเนื่อง

3.7 การแบ่งหุ่นยนต์ตามลักษณะการควบคุม

3.7.1 หุ่นยนต์เส้นทางแบบจุดต่อจุด

หุ่นยนต์แบบนี้สามารถทำการเคลื่อนที่จากจุดที่ระบุไว้แน่นอนจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง แต่ไม่สามารถหยุดที่จุดอื่นที่ไม่ได้ไม่ได้กำหนดไว้ก่อน เป็นหุ่นยนต์แบบที่ง่ายที่สุดและมีราคาถูกที่สุด จุดที่หยุดมักจะหยุดโดยทางกล ซึ่งต้องปรับทุกๆ การทำงานในแต่ละประเภท หุ่นยนต์แบบเส้นทางจุดต่อจุดอาจจะขับเคลื่อนโดยมีการควบคุมตำแหน่งซึ่งมักจะใช้ความต้านทานปรับค่าได้ ตั้งค่าเพื่อให้หุ่นยนต์ไปหยุดที่จุดที่กำหนดตัวอย่างของหุ่นยนต์แบบเส้นทางจุดต่อจุด ก็คือ หุ่นยนต์เชื่อมแบบจุด

รูปที่ 3.2 ส่วนของตัวถังรถยนต์เกือบทั้งหมดทำการเชื่อมจุด (Spot Welding) ด้วยหุ่นยนต์ [10]

3.7.2 หุ่นยนต์เส้นทางแบบต่อเนื่อง

หุ่นยนต์แบบนี้สามารถหยุดที่ตำแหน่งใดๆ ตามเส้นทางได้ ตัวอย่าง คือการเชื่อมอาร์ก การเคลื่อนที่ของทุกๆ แกนจะเกิดขึ้นพร้อมกันแต่มีความเร็วต่างกัน ดังนั้น หุ่นยนต์จะเดินทางพร้อมกับทำงานตามเส้นทางที่ต้องการอย่างต่อเนื่องได้ทุกๆ จุดที่จะเคลื่อนที่ไปจะถูกกำหนดและเก็บไว้ในหน่วยความจำอยู่ก่อนแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 ส่วนของเฟรมรถยนต์ทำการเชื่อมอาร์ก (Arc Welding) ด้วยหุ่นยนต์ [10]

3.7.3 หุ่นยนต์ที่สามารถสร้างแนวการเคลื่อนที่เองได้

อุปกรณ์ควบคุมของหุ่นยนต์แบบนี้สามารถสร้างการเคลื่อนที่ซึ่งควรจะเป็นเส้นตรง วงกลม เส้นโค้ง หรืออื่นๆ ด้วยความแม่นยำสูงในหุ่นยนต์บางตัว เส้นทางเดินสามารถกำหนดในเทอมตารางเรขาคณิต หรือสูตรพีชคณิต ความแม่นยำที่ดีของมันจะทำให้ได้จุดต่างๆตามทางแนวที่ก่อนควบคุมของมันด้วยระยะพิกัด (Coordinate) ของจุดเริ่มต้น จุดสุดท้ายและคำจำกัดความการเคลื่อนที่เท่านั้น

3.7.4 หุ่นยนต์แบบเซอร์โวและน็อนเซอร์โว

เป็นหุ่นยนต์ที่ควบคุมแบบเซอร์โว จะหมายถึงหุ่นยนต์ที่มีการตรวจจับตำแหน่งของตัวมัน และมีการป้อนกลับตำแหน่งที่ตรวจนับเพื่อนำไปใช้ในการควบคุม ส่วนหุ่นยนต์แบบน็อนเซอร์โวจะไม่มีทางรู้ได้เลยว่าอยู่ที่ตำแหน่งที่ต้องการหรือยัง โดยหุ่นยนต์ที่สามารถสร้างการเคลื่อนที่เองได้จะต้องมีความสามารถในการป้อนกลับ ซึ่งจะทำให้มันเป็นเส้นทางได้อย่างถูกต้อง เพื่อที่จะมีการเคลื่อนที่ตามที่ได้กำหนดไว้

หุ่นยนต์แต่ดั้งเดิมจะเป็นเครื่องจักรแบบการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุดหรือจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง และเหมาะสำหรับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับการจับและวางหรือยกของในโรงงานอุตสาหกร รมที่ต้องการความรวดเร็ว ที่สามารถทำการดัดแปลงเครื่องมือและเครื่องจักรสำหรับใส่ชิ้นงานและนำชิ้นงานออกได้ เครื่องจักรผลิตแบบกระสวยชนิดพิเศษหรือแบบแม่พิมพ์หรือแบบถาวร (ดังแสดงในรูปที่ 3) และการปฏิบัติงานที่มีส่วนคล้ายคลึงกัน จากที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้เป็นที่นิยมและมีชื่อเสียงในวงการอุตสาหกรรมยานยนต์ ที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงสำหรับการเชื่อมจุด และหุ่นยนต์จะได้รับการพัฒนาสำหรับการผลิตตัวถังรถยนต์โดยอัตโนมัติ และในไม่ช้าตัวถังรถยนต์สามารถทำการเชื่อมโดยอาศัยการเชื่อมแบบความต้านทานด้วยหุ่นยนต์ได้อย่างสมบูรณ์ (ดังแสดงในรูปที่ 4) ดังเช่นทุกวันนี้ ที่ทุกๆ ส่วนของตัวถังรถยนต์เกือบทั้งหมดสามารถผลิตโดยการเชื่อมจุด ด้วยหุ่นยนต์

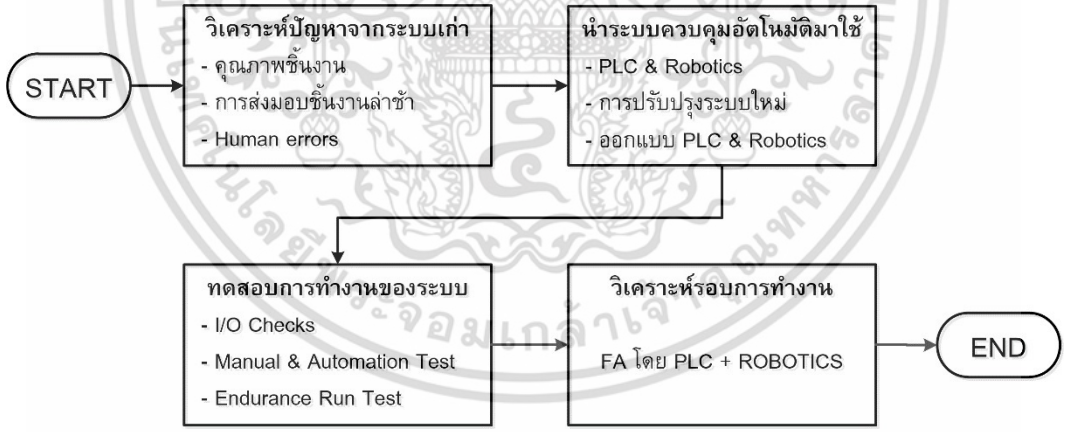
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่นำเสนอ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอกรณีศึกษาของวิธีการปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติโดยการใช้งานพีแอลซี ร่วมกับการนำหุ่นยนต์แขนกลเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรและแรงงานที่มีฝีมือ รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพ กำลังการผลิต และตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยจะยกตัวอย่างปัญหาในไลน์การผลิตโครงช่วงล่าง (Chassis: แชสซีส์) ของรถกระบะขนาดหนึ่งตันในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง ซึ่งเกิดปัญหาทางด้านคุณภาพของตัวชิ้นงาน การส่งมอบงานที่ล่าช้าซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงกับความเชื่อมั่นของลูกค้าที่มีต่อโรงงาน

4.1 แนวคิดและขั้นตอนในการออกแบบ

จากปัญหาทางด้านคุณภาพของชิ้นงานรวมถึงความล้าช้าในการส่งมอบชิ้นงานที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบควบคุมอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนในส่วนที่ใช้บุคลากรในการผลิต ป้องกันกระบวนการผลิตฯ ที่อาจจะเกิดผิดพลาด หลังจากการติดตั้งจะทำการทดสอบและวิเคราะห์การทำงาน โดยมีลำดับขั้นตอนเป็นไปตามบล็อกไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4.1 ภาพรวมของแนวคิดและขั้นตอนในการออกแบบ

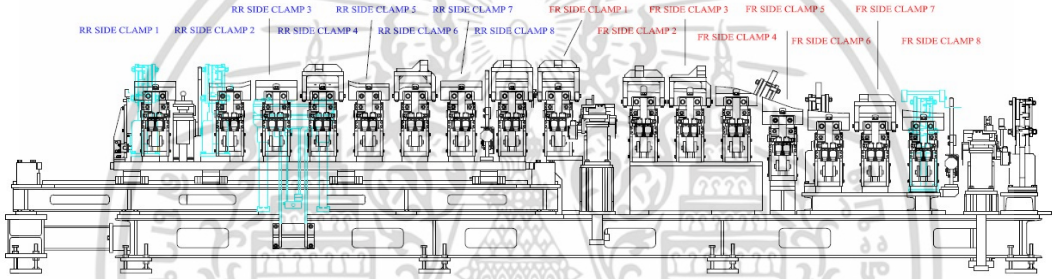
ในส่วนของการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัตินั้น ประกอบไปด้วยการออกแบบ 2 ส่วน คือ (1) การออกแบบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ (2) การออกแบบโปรแกรมสำหรับระบบพีแอลซี โดยที่รายละเอียดทั้งหมดจะกล่าวในลำดับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

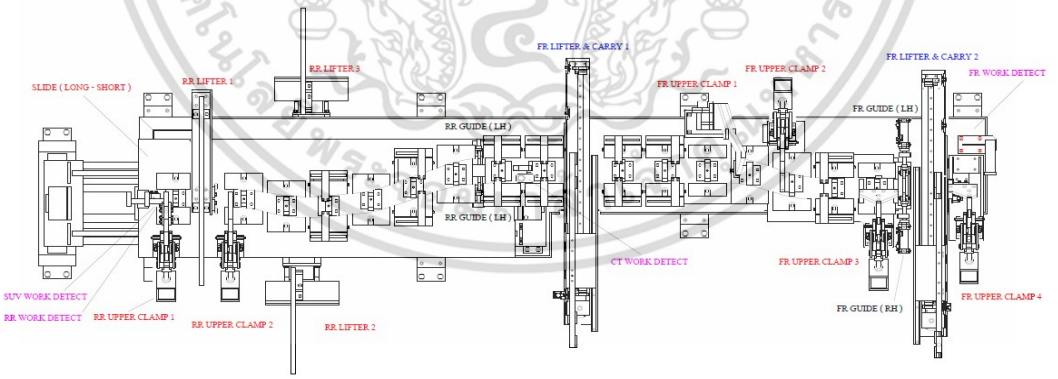
4.2 การออกแบบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ (Electrical Hard-wiring Drawing)

การออกแบบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ อ้างอิงจากมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ปี พ.ศ. 2556 เป็นมาตรฐานหลักในการออกแบบฯ คู่มือการออกแบบและติดตั้งระบบพีแอลซี ชนิด โมดูลล่าร์ ของพีแอลซียี่ห้อหนึ่ง, การออกแบบติดตั้งตู้ควบคุมพีแอลซี (PLC Enclosure and System Components Standard) ตามมาตรฐาน NEMA รวมถึงมาตรฐานการใช้โปรแกรมภาษาของพีแอลซี โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC.61131-3 โดยที่ขั้นตอนในการออกแบบฯ มีดังนี้

4.2.1 รับแบบ Jig Assembly Drawing, Air Schematic Diagram, Layout ของไลน์การผลิตโครงช่วงล่างงาน 1 Ton Frame Assembly Line

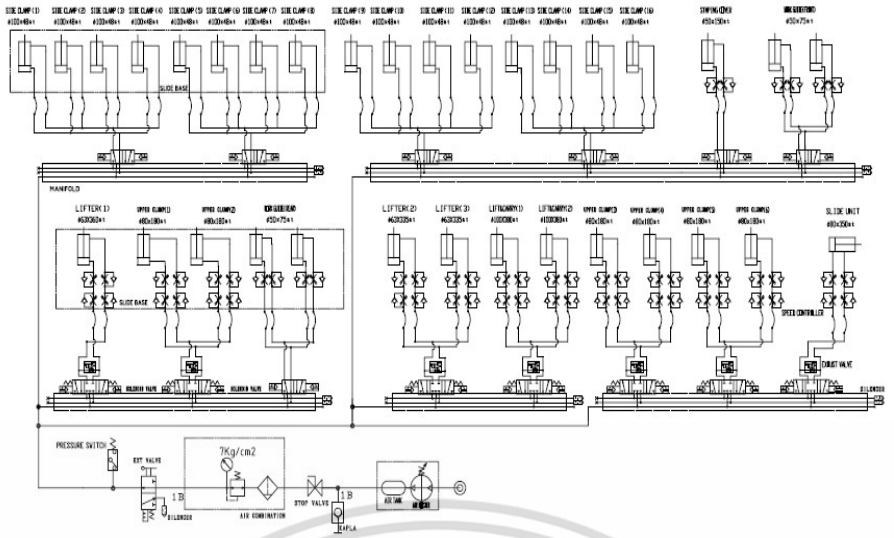


รูปที่ 4.2 แบบ Jig Assembly Drawing (Side View)

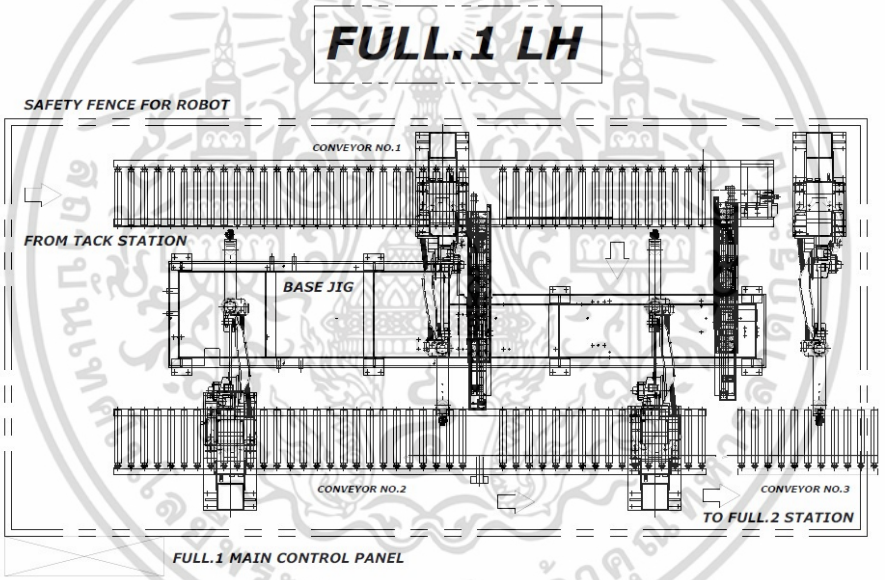


รูปที่ 4.3 แบบ Jig Assembly Drawing (Top View)

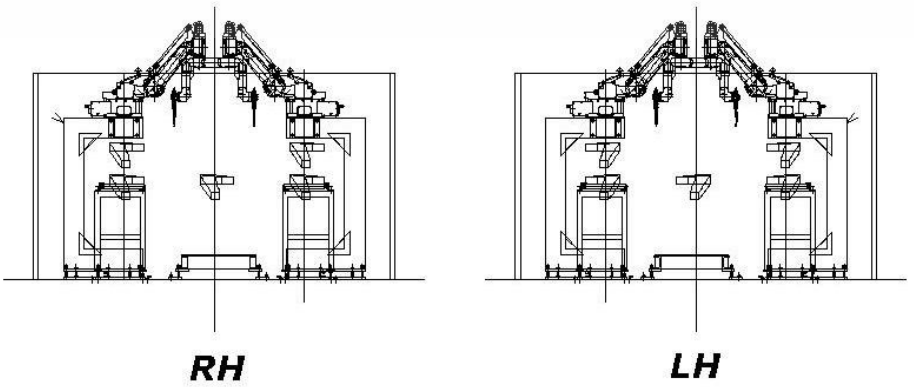
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แบบ Air Schematic Diagram ที่ใช้ควบคุมระบบ



รูปที่ 4.5 Layout ของไลน์การผลิตโครงช่วงล่าง Station Full Welding No.1 (Top View)



รูปที่ 4.6 Layout ของไลน์การผลิตโครงช่วงล่าง (Front View)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การนับจำนวนอุปกรณ์ Input / Output

พิจารณาจากแบบ Jig Assembly Drawing และ Air Schematic Drawing ของงาน 1 Ton Frame Assembly Line สามารถนับจำนวนอุปกรณ์ Input / Output ว่าจะใช้จำนวนกี่ Address เพื่อนำไปกำหนดเบอร์ให้กับอุปกรณ์ Input / Output ซึ่งการกำหนด Address นั้นจะใช้เลขฐาน 16 (0 –F) เป็นตัวกำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 4.1 การกำหนดเบอร์และตำแหน่งของอุปกรณ์ โดยใชเลขฐาน 16 (0 - F)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X000				☑
X001				☑
X002				☑
X003				☑
X004				☑
X005				☑
X006				☑
X007				☑
X008				☑
X009				☑
X00A				☑
X00B				☑
X00C				☑
X00D				☑
X00E				☑
X00F				☑
X010				☑
X011				☑
X012				☑
X013				☑
X014				☑
X015				☑
X016				☑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X017				☑
X018				☑
X019				☑
X01A				☑
X01B				☑
X01C				☑
X01D				☑
X01E				☑
X01F				☑
X020				☑
X021				☑
X022				☑
X023				☑
X024				☑
X025				☑
X026				☑
X027				☑
X028				☑
X029				☑
X02A				☑
X02B				☑
X02C				☑
X02D				☑
X02E				☑
X02F				☑
X030	Open completion			☑
X031				☑
X032				☑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X033				☑
X034				☑
X035				☑
X036				☑
X037				☑
X038				☑
X039	Initial normal end			☑
X03A	Initial anomaly detection			☑
X03B	CONVEYOR 1 RUN SPB			☑
X03C	Err lamp turn on			☑
X03D				☑
X03E				☑
X03F	WDT error detection			☑
X040	Power On	☑		
X041	Control Power On CR	☑		
X042	Auto SS	☑		
X043	Manual SS	☑		
X044	Auto Start PBL	☑		
X045	ROBOT TEACH SS	☑		
X046	COMPLETE RESET SPB	☑		
X047	COMPLETE SET SPB	☑		
X048	ONLINE SS	☑		
X049	EMPTY RUN	☑		
X04A	ALL RESET PB	☑		
X04B	RET. TO HOME POSITION PB	☑		
X04C	LAMP CHECK PB	☑		
X04D	POKAYOKE CANCEL PB	☑		
X04E	GUIDE AVD SPB	☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X04F	GUIDE RET SPB	☑		
X050	LIFTER DOWN SPB	☑		
X051	LIFTER UP SPB	☑		
X052	CARRY ADV SPB	☑		
X053	CARRY RET SPB	☑		
X054	SLIDE ADV SPB	☑		
X055	SLIDE RET SPB	☑		
X056	UPPER CLAMP ADV SPB	☑		
X057	UPPER CLAMP RET SPB	☑		
X058	SIDE CLAMP ADV SPB	☑		
X059	SIDE CLAMP RET SPB	☑		
X05A	CONVEYOR 1 STOP SPB	☑		
X05B	CONVEYOR 1 RUN SPB	☑		
X05C	CONVEYOR 2 STOP SPB	☑		
X05D	CONVEYOR 2 RUN SPB	☑		
X05E		☑		
X05F		☑		
X060	ROBOT SERVO ON PB	☑		
X064	L1 STOP TSW	☑		
X065	L1 CANCEL TSW	☑		
X066	R2 STOP TSW.	☑		
X067	L2 STOP TSW	☑		
X068	L2 CANCEL TSW	☑		
X069	R2 CANCEL TSW.	☑		
X06A	R1 STOP TSW	☑		
X06B	R1 CANCEL TSW	☑		
X06C	INPUT ROBOT R2 TEACH	☑		
X06D	INPUT ROBOT L1 TEACH	☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X06E	INPUT ROBOT L2 TEACH	☑		
X06F	INPUT ROBOT R1 TEACH	☑		
X070	CAR TYPE 1	☑		
X071	CAR TYPE 2	☑		
X072	CAR TYPE 4	☑		
X073	CAR TYPE 8	☑		
X074	CAR TYPE 10	☑		
X075	CAR TYPE 20	☑		
X076	CAR TYPE 40	☑		
X077	CAR TYPE 80	☑		
X078	CAR TYPE 100	☑		
X079	CAR TYPE 200	☑		
X07A	CAR TYPE 400	☑		
X07B	CAR TYPE 800	☑		
X07C	PC. STEP AUTO SPB	☑		
X07D	PRO. CONTROL STEP MAN. SPB	☑		
X07E	MODEL WRITE PB	☑		
X081	INV CONV(V).2 ALARM	☑		
X082	INV CONV(V).3 ALARM	☑		
X083	INV CARRY.1 ALARM	☑		
X084	INV CARRY.2 ALARM	☑		
X085	INV CONV(H).1 ALARM	☑		
X086	INV CONV(H).2 ALARM	☑		
X087		☑		
X088		☑		
X089		☑		
X08A		☑		
X08B	GAS PRESSURE NORMAL	☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X08C	SAFETY FENCE NORMAL	☑		
X08D	AIR PRESSURE NORMAL	☑		
X08E	SAFETY PLUG NORMAL	☑		
X08F	EMERGENCY STOP NORMAL	☑		
X090	FR SIDE CLAMP RET1 LS	☑		
X091	FR SIDE CLAMP RET2 LS	☑		
X092	FR SIDE CLAMP RET3 LS	☑		
X093	FR SIDE CLAMP RET4 LS	☑		
X094	FR SIDE CLAMP RET5 LS	☑		
X095	FR SIDE CLAMP RET6 LS	☑		
X096	FR SIDE CLAMP RET7 LS	☑		
X097	FR SIDE CLAMP RET8 LS	☑		
X098	FR SIDE CLAMP ADV1 LS	☑		
X099	FR SIDE CLAMP ADV2 LS	☑		
X09A	FR SIDE CLAMP ADV4 LS	☑		
X09B	FR SIDE CLAMP ADV5 LS	☑		
X09C	FR SIDE CLAMP ADV6 LS	☑		
X09F	RR SIDE CLAMP RET1 LS	☑		
X0A0	RR SIDE CLAMP RET2 LS	☑		
X0A1	RR SIDE CLAMP RET3 LS	☑		
X0A2	RR SIDE CLAMP RET4 LS	☑		
X0A3	RR SIDE CLAMP RET5 LS	☑		
X0A4	RR SIDE CLAMP RET6 LS	☑		
X0A5	RR SIDE CLAMP RET7 LS	☑		
X0A6	RR SIDE CLAMP RET8 LS	☑		
X0A7	RR SIDE CLAMP ADV1 LS	☑		
X0A8	RR SIDE CLAMP ADV2 LS	☑		
X0A9	RR SIDE CLAMP ADV3 LS	☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X0AA	RR SIDE CLAMP ADV4 LS	☑		
X0AB	RR SIDE CLAMP ADV5 LS	☑		
X0AC	RR SIDE CLAMP ADV6 LS	☑		
X0AD	RR SIDE CLAMP ADV7 LS	☑		
X0AE	RR SIDE CLAMP ADV8 LS	☑		
X0AF	FR SIDE CLAMP ADV4 LS	☑		
X0B0	FR UPPER CLAMP RET1 RS	☑		
X0B1	FR UPPER CLAMP RET2 RS	☑		
X0B2	FR UPPER CLAMP RET3 RS	☑		
X0B3	FR UPPER CLAMP RET4 RS	☑		
X0B4	FR UPPER CLAMP ADV1 RS	☑		
X0B5	FR UPPER CLAMP ADV2 RS	☑		
X0B6	FR UPPER CLAMP ADV3 RS	☑		
X0B7	FR UPPER CLAMP ADV4 RS	☑		
X0B8	RR UPPER CLAMP RET1 RS	☑		
X0B9	RR UPPER CLAMP RET2 RS	☑		
X0BA	RR UPPER CLAMP ADV1 RS	☑		
X0BD		☑		
X0BE		☑		
X0BF		☑		
X0C0	FR LIFT&CARRY UP1 RS	☑		
X0C1	FR LIFT&CARRY DOWN1 RS	☑		
X0C2	FR CARRY RET1 PS	☑		
X0C3	FR CARRY ADV1 PS	☑		
X0C4	FR LIFT&CARRY UP2 RS	☑		
X0C5	FR LIFT&CARRY DOWN2 RS	☑		
X0C6	FR CARRY RET2 PS	☑		
X0C7	FR CARRY ADV2 PS	☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X0C8	SLIDE RET RS	☑		
X0C9	SLIDE ADV RS	☑		
X0CA	RR LIFTER UP1 RS	☑		
X0CB	RR LIFTER DOWN1 RS	☑		
X0CC	RR LIFTER UP2 RS	☑		
X0CD	RR LIFTER DOWN2 RS	☑		
X0CE	RR LIFTER UP3 RS	☑		
X0CF	RR LIFTER DOWN3 RS	☑		
X0D0	FR FITTING CHECK LS	☑		
X0D1	FR OVER CHECK PART PTS	☑		
X0D2	C/V CHECK PART PTS	☑		
X0D3	CT FITTING CHECK LS	☑		
X0D4	RR FITTING CHECK LS	☑		
X0D5	RR FITTING CHECK SUV LS	☑		
X0D6	WORK ON CHECK.1 CONV(V)1	☑		
X0D7	WORK ON CHECK.2 CONV(V)1	☑		
X0D8	WORK ON CHECK.1 CONV(V)2	☑		
X0DB	WORK ON CHECK.2 CONV(V)3	☑		
X0DC	C/V1 START DETECT	☑		
X0DD		☑		
X0DE		☑		
X0DF		☑		
X0E0	L1 AUTO	☑		
X0E1	L1 TEACH	☑		
X0E2	L1 START	☑		
X0E3	L1 STOP	☑		
X0E4	L1 SERVO ON	☑		
X0E5	L1 OUT1 INTERLOCK TO R1	☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X0E6	L1 OUT2 INTERLOCK TO R1	☑		
X0E7	L1 OUT3 COMPLETE	☑		
X0E8	L1 OUT4 TIP CHANGE POS.	☑		
X0E9	L1 OUT5 TIP CHANGE COMP.	☑		
X0EA	L1 OUT6 TORCH CHECK POS.	☑		
X0EB	L1 OUT7 TORCH CHECK COMP.	☑		
X0EC	L1 OUT8 MAGNET CLEANER ON	☑		
X0ED	L1 OUT9 HOME POSITION	☑		
X0EE	L1 OUT10 ROBOT ALARM	☑		
X0EF	L1 OUT11 INTERLOCK TO R2	☑		
X0F0	L1 OUT12 INTERLOCK TO R2	☑		
X0F1	L1 OUT13	☑		
X0F2	L1 OUT14	☑		
X0F3	L1 OUT15 CLEANER	☑		
X0F4	L1 OUT16 UN CLAMP INSTR.	☑		
X0F5	L1 OUT17 LIFTER UP INSTR.	☑		
X0F6	L1 OUT18 ROBOT WELD FAULT	☑		
X0F9	L1 TIP CHANGE PBL	☑		
X0FA	L1 WIRE INCHING PB	☑		
X0FB	L1 WIRE RETRACT PB	☑		
X0FC	L1 TORCH CHECK PBL	☑		
X0FD	L1 CHECK OK PB	☑		
X0FE	L1 ROBOT WIRE ALARM LS	☑		
X0FF		☑		
X100	L2 AUTO	☑		
X101	L2 TEACH	☑		
X102	L2 START	☑		
X103	L2 STOP	☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X104	L2 SERVO ON	☑		
X105	L2 OUT1 INTERLOCK TO R1	☑		
X106	L2 OUT2 INTERLOCK TO R2	☑		
X107	L2 OUT3 COMPLETE	☑		
X108	L2 OUT4 TIP CHANGE POS.	☑		
X109	L2 OUT5 TIP CHANGE COMP.	☑		
X10A	L2 OUT6 TORCH CHECK POS.	☑		
X10B	L2 OUT7 TORCH CHECK COMP.	☑		
X10C	L2 OUT8 MAGNET CLEANER ON	☑		
X10D	L2 OUT9 HOME POSITION	☑		
X10E	L2 OUT10 ROBOT ALARM	☑		
X10F	L2 OUT11	☑		
X110	L2 OUT12	☑		
X111	L2 OUT13	☑		
X112	L2 OUT14	☑		
X113	L2 OUT15 CLEANER	☑		
X114	L2 OUT16 UN CLAMP INSTR.	☑		
X117	L2 OUT19 SAFETY AREA	☑		
X118	L2 OUT20 ROB. WELDER FAULT	☑		
X119	L2 TIP CHANGE PBL	☑		
X11A	L2 WIRE INCHING PB	☑		
X11B	L2 WIRE RETRACT PB	☑		
X11C	L2 TORCH CHECK PBL	☑		
X11D	L2 CHECK OK PB	☑		
X11E	L2 ROBOT WIRE ALARM LS	☑		
X11F	TEMP. SWITCH FOR 4 ROBOT	☑		
X120	R1 AUTO	☑		
X121	R1 TEACH	☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X122	R1 START	☑		
X123	R1 STOP	☑		
X124	R1 SERVO ON	☑		
X125	R1 OUT1 INTERLOCK1 TO L2	☑		
X126	R1 OUT2 INTERLOCK2 TO L2	☑		
X127	R1 OUT3 COMPLETE	☑		
X128	R1 OUT4 TIP CHANGE POS.	☑		
X129	R1 OUT5 TIP CHANGE COMP.	☑		
X12A	R1 OUT6 TORCH CHECK POS.	☑		
X12B	R1 OUT7 TORCH CHECK COMP.	☑		
X12C	R1 OUT8 MAGNET CLEANER ON	☑		
X12D	R1 OUT9 HOME POSITION	☑		
X12E	R1 OUT10 ROBOT ALARM	☑		
X12F	R1 INTERLOCK11 TO L1	☑		
X130	R1 INTERLOCK12 TO L1	☑		
X131	R1 OUT13 INTERLOCK TO R2	☑		
X132	R1 OUT14 INTERLOCK TO R2	☑		
X133	R1 OUT15 CLEANER	☑		
X134	R1 OUT16 UN CLAMP INSTR.	☑		
X135	R1 OUT17 L1 LIFTER UP INSTR.	☑		
X136	R1 OUT18 ROBOT WELD FAULT	☑		
X137	R1 OUT19 SAFETY POSITION	☑		
X138	R1 OUT20 R0B. WELDER FAULT	☑		
X139	R1 TIP CHANGE PBL	☑		
X13A	R1 WIRE INCHING PB	☑		
X13B	R1 WIRE RETRACT PB	☑		
X13C	R1 TORCH CHECK PB	☑		
X13D	R1 CHECK OK PB	☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X13E	R1 ROBOT WIRE ALARM LS	☑		
X13F		☑		
X140	FR LH GUIDE RET LS	☑		
X141	FR RH GUIDE RET LS	☑		
X142	RR LH GUIDE RET LS	☑		
X143	RR RH GUIDE RET LS	☑		
X144	FR LH GUIDE ADV LS	☑		
X145	FR RH GUIDE ADV LS	☑		
X146	RR LH GUIDE ADV LS	☑		
X147	RR RH GUIDE ADV LS	☑		
X148	ENTRANCE OK FROM COOLING	☑		
X149		☑		
X14A		☑		
X14B		☑		
X14C		☑		
X14D		☑		
X14E		☑		
X14F		☑		
X150	R2 AUTO	☑		
X155	R2 OUT1 INTERLOCK1 TO L1	☑		
X156	R2 OUT2 INTERLOCK2 TO L1	☑		
X157	R2 OUT3 COMPLETE	☑		
X158	R2 OUT4 TIP CHANGE POS.	☑		
X159	R2 OUT5 TIP CHANGE COMP.	☑		
X15A	R2 OUT6 TORCH CHECK POS.	☑		
X15B	R2 OUT7 TORCH CHECK COMP.	☑		
X15C	R2 OUT8 MAGNET CLEANER ON	☑		
X15D	R2 OUT9 HOME POSITION	☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X15E	R2 OUT10 ROBOT ALARM	☑		
X15F	R2 INTERLOCK11 TO R1	☑		
X160	R2 INTERLOCK12 TO R1	☑		
X161	R2 OUT13	☑		
X162	R2 OUT14	☑		
X163	R2 OUT15 CLEANER	☑		
X164	R2 OUT16 UN CLAMP INSTR.	☑		
X165	R2 OUT17 LIFTER UP INSTR.	☑		
X166	R2 OUT18 ROBOT WELD FAULT	☑		
X167	R2 OUT19 SAFETY POSITION	☑		
X168	R2 OUT20 R0B. WELDER FAULT	☑		
X169	R2 TIP CHANGE PBL	☑		
X16A	R2 WIRE INCHING PB	☑		
X16B	R2 WIRE RETRACT PB	☑		
X16C	R2 TORCH CHECK PB	☑		
X16D	R2 CHECK OK PB	☑		
X16E	R2 ROBOT WIRE ALARM LS	☑		
X171		☑		
X172		☑		
X173		☑		
X174		☑		
X175		☑		
X176		☑		
X177		☑		
X178		☑		
X179		☑		
X17A		☑		
X17B		☑		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
X17C		☑		
X17D		☑		
X17E		☑		
X17F		☑		
Y180	R2 INTERLOCK12 TO R1		☑	
Y181	R2 OUT13		☑	
Y182	R2 OUT14		☑	
Y183	R2 OUT15 CLEANER		☑	
Y184	R2 OUT16 UN CLAMP INSTR.		☑	
Y185	R2 OUT17 LIFTER UP INSTR.		☑	
Y186	R2 OUT18 ROBOT WELD FAULT		☑	
Y187	R2 OUT19 SAFETY POSITION		☑	
Y188	R2 OUT20 R0B. WELDER FAULT		☑	
Y189	R2 TIP CHANGE PBL		☑	
Y18A	R2 WIRE INCHING PB		☑	
Y18B	R2 WIRE RETRACT PB		☑	
Y18C	R2 TORCH CHECK PB		☑	
Y18F	RR LIFTER DOWN3 RS		☑	
Y190	OVER TIME PL		☑	
Y191	LS FAULT PL		☑	
Y192	COMM. CUT OFF PL		☑	
Y193	COMM. FAULT PL		☑	
Y194	SPARE PL		☑	
Y195	SPARE PL		☑	
Y196			☑	
Y197			☑	
Y198	MAIN POWER ON PL		☑	
Y199	CONTROL POWER ON PL		☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y19A	AIR PRESSURE NORMAL PL		☑	
Y19B	GAS PRESSURE NORMAL PL		☑	
Y19C	FENCE SAFETY PLUG NOR. PL		☑	
Y19D			☑	
Y19E			☑	
Y19F			☑	
Y1A0	AUTO PL		☑	
Y1A1	MANUAL PL		☑	
Y1A2	READ DATA PL		☑	
Y1A3	CAR TYPE OK PL		☑	
Y1A4	COMPLETE PL		☑	
Y1A5	JIG CHANGE OK PL		☑	
Y1A6			☑	
Y1A7			☑	
Y1A8	GUIDE ADV PL		☑	
Y1A9	GUIDE RET PL		☑	
Y1AA	AUTO PL		☑	
Y1AB	AUTO START PL		☑	
Y1AC	TEACH PL		☑	
Y1AD	ALL HOME POSITION PL		☑	
Y1AE	BUZZER LAMP		☑	
Y1AF	BUZZER ALARM		☑	
Y1B0	LIFTER UP PL		☑	
Y1B1	LIFTER DOWN PL		☑	
Y1B2	CARRY ADV PL		☑	
Y183	CARRY RET PL		☑	
Y1B4	SLIDE ADV PL		☑	
Y1B5	SLIDE RET PL		☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y1B6	UPPER CLAMP ADV PL		☑	
Y1B7	UPPER CLAMP RET PL		☑	
Y1B8	SIDE CLAMP ADV PL		☑	
Y1B9	SIDE CLAMP RET PL		☑	
Y1BA	CONVEYOR1 STOP PL		☑	
Y1BB	CONVEYOR1 RUN PL		☑	
Y1BC	CONVEYOR2 STOP PL		☑	
Y1BD	CONVEYOR2 RUN PL		☑	
Y1BE			☑	
Y1BF			☑	
Y1C0	L1 FAULT PL		☑	
Y1C1	L1 READY PL		☑	
Y1C2	L1 HOME PL		☑	
Y1C3	L1 COMPLETE PL		☑	
Y1C4	L2 FAULT PL		☑	
Y1C5	L2 READY PL		☑	
Y1C6	L2 HOME PL		☑	
Y1C7	L2 COMPLETE PL		☑	
Y1C8	R1 FAULT PL		☑	
Y1C9	R1 READY PL		☑	
Y1CA	R1 HOME PL		☑	
Y1CB	R1 COMPLETE PL		☑	
Y1CC			☑	
Y1CD			☑	
Y1CE	TEACH ON CR		☑	
Y1CF	PC RUN CR		☑	
Y1D0	L1 TIP CHANGE PL		☑	
Y1D1	L1 TORCH CHECK PL		☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y1D2	L2 TIP CHANGE PL		☑	
Y1D3	L2 TORCH CHECK PL		☑	
Y1D4	R1 TIP CHANGE PL		☑	
Y1D5	R1 TORCH CHECK PL		☑	
Y1D6	R2 TIP CHANGE PL		☑	
Y1D7	R2 TORCH CHECK PL		☑	
Y1D8	PART EJECT OK TO COOLING		☑	
Y1D9			☑	
Y1DA			☑	
Y1DB			☑	
Y1DC			☑	
Y1DD			☑	
Y1DE			☑	
Y1DF			☑	
Y1E0	COIL MC CONV(V).1		☑	
Y1E1	COIL MC CONV(V).2		☑	
Y1E2	COIL MC CONV(V).3		☑	
Y1E3	COIL MC CARRY.1		☑	
Y1E4	COIL MC CARRY.2		☑	
Y1E5	COIL MC CONV(H).1		☑	
Y1E6	COIL MC CONV(H).2		☑	
Y1E7	SPARE		☑	
Y1E8	CARRY.1 BK.OPEN		☑	
Y1E9	CARRY.2 BK.OPEN		☑	
Y1EA			☑	
Y1EB			☑	
Y1EC			☑	
Y1ED			☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y1EE			☑	
Y1EF	ENTRANCE OK TO SRT		☑	
Y1F0	L EMERGENCY CR		☑	
Y1F1	R EMERGENCY CR		☑	
Y1F2	L1 SERVO ON CR		☑	
Y1F3	L1 SERVO OFF CR		☑	
Y1F4	L2 SERVO ON CR		☑	
Y1F5	L2 SERVO OFF CR		☑	
Y1F6	R1 SERVO ON CR		☑	
Y1F7	R1 SERVO OFF CR		☑	
Y1F8	R2 SERVO ON CR		☑	
Y1F9	R2 SERVO OFF CR		☑	
Y1FA			☑	
Y1FB			☑	
Y1FC	R2 FAULT PL		☑	
Y1FD	R2 READY PL		☑	
Y1FE	R2 HOME PL		☑	
Y1FF	R2 COMPLETE PL		☑	
Y200	INV1 RST		☑	
Y201	INV1 FWD		☑	
Y202	INV1 X1		☑	
Y203	INV1 X2		☑	
Y204	INV2 RST		☑	
Y205	INV2 FWD		☑	
Y206	INV2 X1		☑	
Y207	INV2 X2		☑	
Y208	INV3 RST		☑	
Y209	INV3 FWD		☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y20A	INV3 X1		☑	
Y20B	INV3 X2		☑	
Y20C	INV4 RST		☑	
Y20D	INV4 FWD		☑	
Y20E	INV4 REV		☑	
Y20F	INV4 X1		☑	
Y210	INV5 RST		☑	
Y211	INV5 FWD		☑	
Y212	INV5 REV		☑	
Y213	INV5 X1		☑	
Y214	INV6 RST		☑	
Y215	INV6 FWD		☑	
Y216	INV6 X1		☑	
Y217	INV6 X2		☑	
Y218	INV7 RST		☑	
Y219	INV7 FWD		☑	
Y21A	INV7 X1		☑	
Y21B	INV7 X2		☑	
Y21C			☑	
Y21D			☑	
Y21E			☑	
Y21F			☑	
Y220	FR SIDE CLAMP ADV SOL.		☑	
Y221	FR SIDE CLAMP RET SOL.		☑	
Y222	FR UPPER CLAMP ADV SOL.		☑	
Y223	FR UPPER CLAMP RET SOL.		☑	
Y224	FR LIFT&CARRY D0WN SOL.		☑	
Y225	FR LIFT&CARRY UP SOL.		☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y226	SPARE		☑	
Y227	SPARE		☑	
Y228	RR SIDE CLAMP ADV SOL.		☑	
Y229	RR SIDE CLAMP RET SOL.		☑	
Y22A	RR UPPER CLAMP ADV SOL.		☑	
Y22B	RR UPPER CLAMP RET SOL.		☑	
Y22C	RR LIFTER 1,2,3 DOWN SOL.		☑	
Y22D	RR LIFTER 1,2,3 UP SOL.		☑	
Y22E	RR SLIDE ADV SOL.		☑	
Y22F	RR SLIDE RET SOL.		☑	
Y230	GUIDE ADV SOL		☑	
Y231	GUIDE RET SOL		☑	
Y232	STOPPER.1 DOWN SOL.		☑	
Y233	STOPPER.1 UP SOL.		☑	
Y234	STOPPER.2 DOWN SOL.		☑	
Y235	STOPPER.2 UP SOL.		☑	
Y236	EJECTOR ADV SOL.		☑	
Y237	EJECTOR RET SOL.		☑	
Y238	CHECK LIFT UP SOL.		☑	
Y239	CHECK LIFT DOWN SOL.		☑	
Y23A	SEPARATPR.2 DOWN SOL.		☑	
Y23B	SEPARATPR.2 UP SOL.		☑	
Y23C	L1 MEGNET CLEANER ON		☑	
Y23D	L2 MEGNET CLEANER ON		☑	
Y23E	R1 MEGNET CLEANER ON		☑	
Y23F	R2 MEGNET CLEANER ON		☑	
Y240	L1 STOP		☑	
Y241	L1 AUTO		☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y242	L1 TEACH		☑	
Y243	L1 IN1 INTERLOCK FROM R1		☑	
Y244	L1 IN2 INTERLOCK FROM R1		☑	
Y245	L1 IN3 TIP CHANGE COMPLETE		☑	
Y246	L1 IN4 TIP CHANGE CHECK OK		☑	
Y247	L1 IN5 WELD ENABLE		☑	
Y248	L1 IN6		☑	
Y249	L1 IN7		☑	
Y24A	L1 IN8 RESET		☑	
Y24B	L1 IN9		☑	
Y24C	L1 IN10 WIRE INCHING		☑	
Y24D	L1 IN11 WIRE RETRACT		☑	
Y24E	L1 IN12 PROGRAM1		☑	
Y24F	L1 IN13 PROGRAM2		☑	
Y250	L1 IN14 PROGRAM4		☑	
Y251	L1 IN15 PROGRAM8		☑	
Y252	L1 IN16 PROGRAM16		☑	
Y253	L1 INTERLOCK17 FROM R2		☑	
Y254	L1 INTERLOCK18 FROM R2		☑	
Y255	L1 IN19		☑	
Y256	L1 IN20 WELD ON		☑	
Y257			☑	
Y258			☑	
Y259			☑	
Y25A			☑	
Y25B			☑	
Y25C			☑	
Y25D			☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y25E			☑	
Y25F			☑	
Y260	L2 STOP		☑	
Y261	L2 AUTO		☑	
Y262	L2 TEACH		☑	
Y263	L2 IN1 INTERLOCK1 FROM R1		☑	
Y264	L2 IN2 INTERLOCK2 FROM R1		☑	
Y265	L2 IN3 TIP CHANGE COMPLETE		☑	
Y266	L2 IN4 TIP CHANGE CHECK OK		☑	
Y267	L2 IN5 WELD ENABLE		☑	
Y268	L2 IN6		☑	
Y269	L2 IN7		☑	
Y26A	L2 IN8 RESET		☑	
Y26B	L2 IN9		☑	
Y26C	L2 IN10 WIRE INCHING		☑	
Y26D	L2 IN11 WIRE RETRACT		☑	
Y26E	L2 IN12 PROGRAM1		☑	
Y26F	L2 IN13 PROGRAM2		☑	
Y270	L2 IN14 PROGRAM4		☑	
Y271	L2 IN15 PROGRAM8		☑	
Y272	L2 IN16 PROGRAM16		☑	
Y273	L2 IN17		☑	
Y274	L2 IN18		☑	
Y275	L2 IN19		☑	
Y276	L2 IN20 WELD ON		☑	
Y277			☑	
Y278			☑	
Y279			☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y27A			☑	
Y27B			☑	
Y27C			☑	
Y27D			☑	
Y27E			☑	
Y27F			☑	
Y280	R1 STOP		☑	
Y281	R1 AUTO		☑	
Y282	R1 TEACH		☑	
Y283	R1 IN1 INTERLOCK1 FROM L2		☑	
Y284	R1 IN2 INTERLOCK2 FROM L2		☑	
Y285	R1 IN3 TIP CHANGE COMPLETE		☑	
Y286	R1 IN4 TIP CHANGE CHECK OK		☑	
Y287	R1 IN5 WELD ENABLE		☑	
Y288	R1 INTERLOCK6 FROM R2		☑	
Y289	R1 INTERLOCK7 FROM R2		☑	
Y28A	R1 IN8 RESET		☑	
Y28B	R1 IN9		☑	
Y28C	R1 IN10 WIRE INCHING		☑	
Y28D	R1 IN11 WIRE RETRACT		☑	
Y28E	R1 IN12 PROGRAM1		☑	
Y28F	R1 IN13 PROGRAM2		☑	
Y290	R1 IN14 PROGRAM4		☑	
Y291	R1 IN15 PROGRAM8		☑	
Y292	R1 IN16 PROGRAM16		☑	
Y293	R1 INTERLOCK17 FROM L1		☑	
Y294	R1 INTERLOCK18 FROM L1		☑	
Y295	R1 IN19		☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y296	R1 IN20 WELD ON		☑	
Y297			☑	
Y298			☑	
Y299			☑	
Y29A			☑	
Y29B			☑	
Y29C			☑	
Y29D			☑	
Y29E			☑	
Y29F			☑	
Y2A0	R2 STOP		☑	
Y2A1	R2 AUTO		☑	
Y2A2	R2 TEACH		☑	
Y2A3	R2 IN1 INTERLOCK1 FROM L1		☑	
Y2A4	R2 IN2 INTERLOCK2 FROM L1		☑	
Y2A5	R2 IN3 TIP CHANGE COMPLETE		☑	
Y2A6	R2 IN4 TIP CHANGE CHECK OK		☑	
Y2A7	R2 IN5 WELD ENABLE		☑	
Y2A8	R2 INTERLOCK6		☑	
Y2A9	R2 INTERLOCK7		☑	
Y2AA	R2 IN8 RESET		☑	
Y2AB	R2 IN9		☑	
Y2AC	R2 IN10 WIRE INCHING		☑	
Y2AD	R2 IN11 WIRE RETRACT		☑	
Y2AE	R2 IN12 PROGRAM1		☑	
Y2AF	R2 IN13 PROGRAM2		☑	
Y2B0	R2 IN14 PROGRAM4		☑	
Y2B1	R2 IN15 PROGRAM8		☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y2B2	R2 IN16 PROGRAM16		☑	
Y2B3	R2 INTERLOCK17 FROM R1		☑	
Y2B4	R2 INTERLOCK18 FROM R1		☑	
Y2B5	R2 IN19		☑	
Y2B6	R2 IN20 WELD ON		☑	
Y2B7			☑	
Y2B8			☑	
Y2B9			☑	
Y2BA			☑	
Y2BB			☑	
Y2BC			☑	
Y2BD			☑	
Y2BE			☑	
Y2BF			☑	
Y2C0	SEQUENCE 1		☑	
Y2C1	SEQUENCE 2		☑	
Y2C2	SEQUENCE 4		☑	
Y2C3	SEQUENCE 8		☑	
Y2C4	SEQUENCE 10		☑	
Y2C5	SEQUENCE 20		☑	
Y2C6	SEQUENCE 40		☑	
Y2C7	SEQUENCE 80		☑	
Y2C8	SEQUENCE 100		☑	
Y2C9	SEQUENCE 200		☑	
Y2CA	SEQUENCE 400		☑	
Y2CB	SEQUENCE 800		☑	
Y2CC	TMT PL		☑	
Y2CD	TAW PL		☑	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เบอร์อุปกรณ์ (DEVICE NO.)	ชื่ออุปกรณ์ (DEVICE COMMENT)	สถานะ (STATUS)		
		INPUT	OUTPUT	SPECIAL
Y2CE	MSP PL		☑	
Y2CF	LINE OUT PL		☑	
Y2D0	F/P CODE 1		☑	
Y2D1	F/P CODE 2		☑	
Y2D2	F/P CODE 4		☑	
Y2D3	F/P CODE 8		☑	
Y2D4	F/P CODE 10		☑	
Y2D5	F/P CODE 20		☑	
Y2D6	F/P CODE 40		☑	
Y2D7	F/P CODE 80		☑	
Y2D8	F/P CODE 100		☑	
Y2D9	F/P CODE 200		☑	
Y2DA	F/P CODE 400		☑	
Y2DB	F/P CODE 800		☑	
Y2DC	OTHER PL		☑	
Y2DD			☑	
Y2DE			☑	
Y2DF			☑	

4.2.3 การเลือก PLC

จากตารางการกำหนดเบอร์และตำแหน่งของอุปกรณ์ สามารถนำมาเลือก PLC โดยเลือกใช้งานเป็นแบบ Modular ซึ่งจะประกอบไปด้วย

4.2.3.1 Main Base Unit = 1 Unit

4.2.3.2 Extension Base Unit = 1 Unit

4.2.3.3 Extension Cable = 1 Unit

4.2.3.4 Power Supply Module (100–240Vac) = 2 Units

4.2.3.5 CPU Module = 1 Unit

4.2.3.6 EPROM Memory = 1 Unit

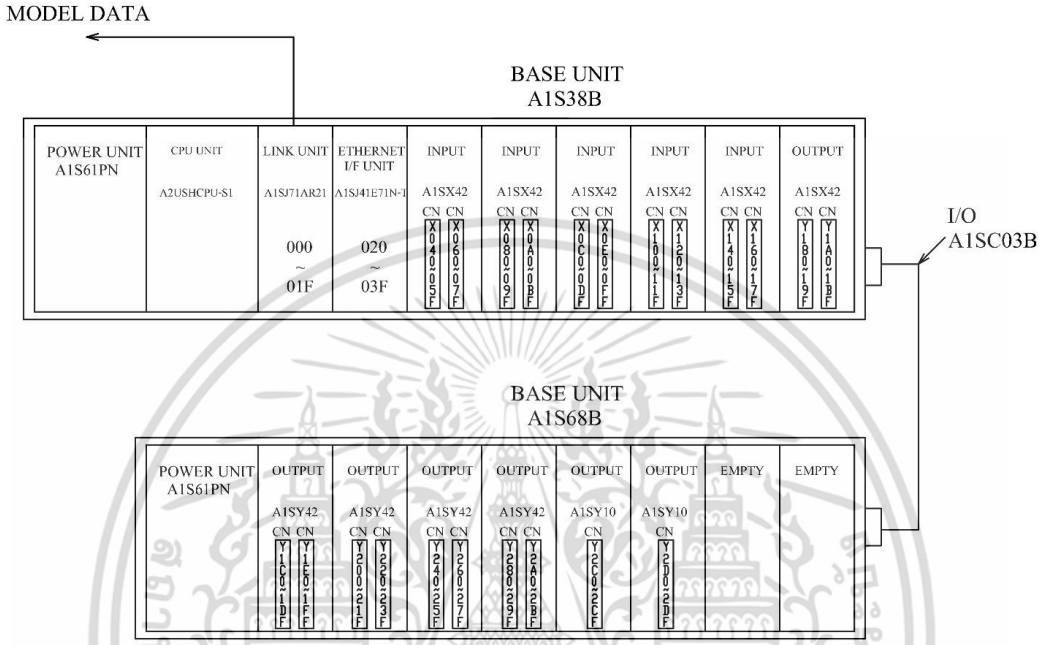
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.7 Link Module (000 – 01F) 32 Bite = 1 Unit

4.2.3.8 Ethernet Module (020 – 03F) 32 Bite = 1 Unit

4.2.3.9 Input Module, Sink Type (24Vdc) [040–17F] 320 Bite = 5 Units

4.2.3.10 Output Module, Relay Type (24Vdc) [180–2DF] 352 Bite = 7 Units



รูปที่ 4.7 Layout PLC แบบ Modular [2]

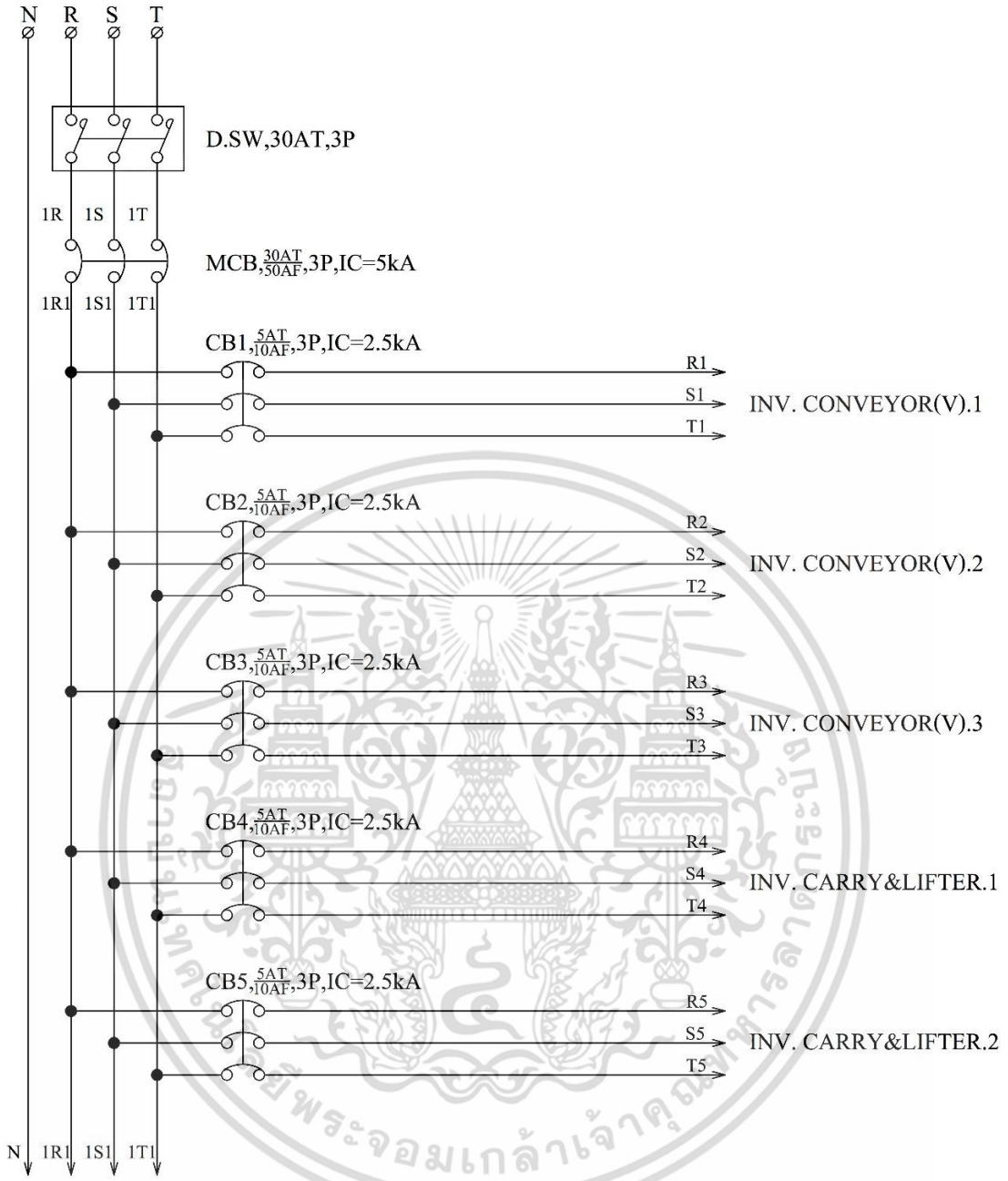
4.2.4 ออกแบบวงจรกำลัง (Power Circuit)

ในส่วนของภาคลำเลียงชิ้นงานนั้นจะใช้ 3∅ 380V Gear Induction Motor, 0.2kW, 4 Pole, 50Hz เป็นชุดลำเลียงชิ้นงานสู่ขบวนการทำงานขั้นต่อไป โดยใช้ Inverter เป็นตัวควบคุมรอบการทำงาน ซึ่งประกอบไปด้วย

4.2.4.1 ชุดสายพานลำเลียงชิ้นงาน แบบ ลูกกลิ้ง (Roller Conveyor) มีด้วยกัน 3 สายพาน คือ Inverter Conveyor (V).1, Inverter Conveyor (V).2, Inverter Conveyor (V).3

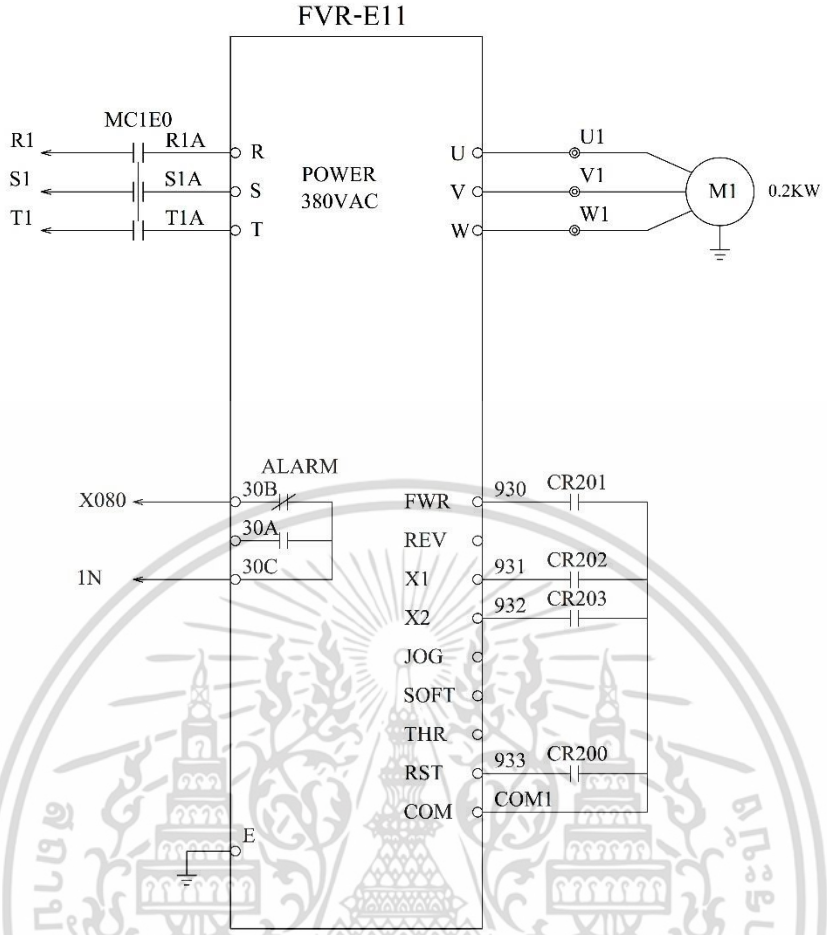
4.2.4.2 ชุดเลื่อนชิ้นงาน (Carry) มีด้วยกัน 2 ชุด คือ Inverter Carry & Lift.1, Inverter Carry & Lift.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



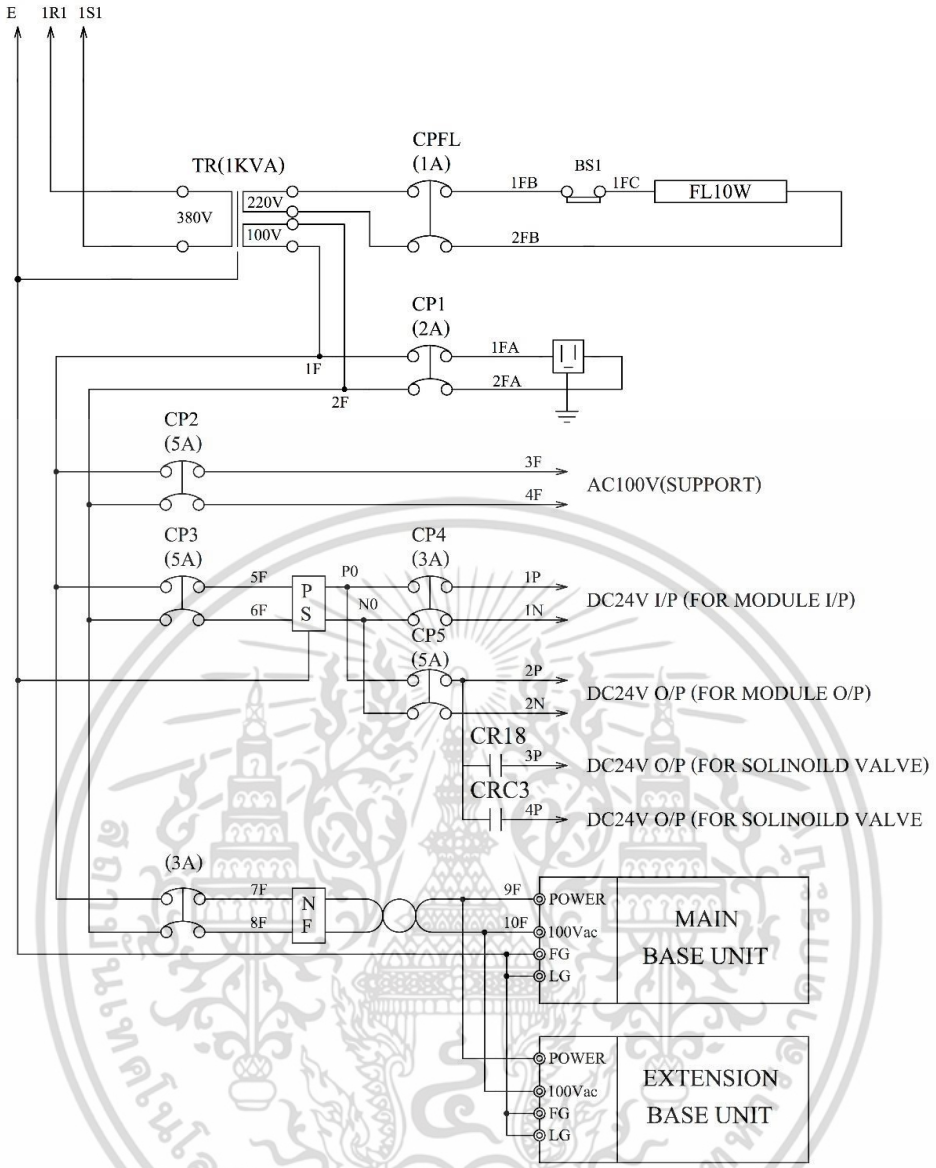
รูปที่ 4.8 วงจรกำลังสำหรับชุดสายพานลำเลียงและชุดเลื่อนชิ้นงาน [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 วงจร Inverter ควบคุมความเร็วรอบชุดสายพานลำเลียงและชุดเลื่อนชิ้นงาน [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

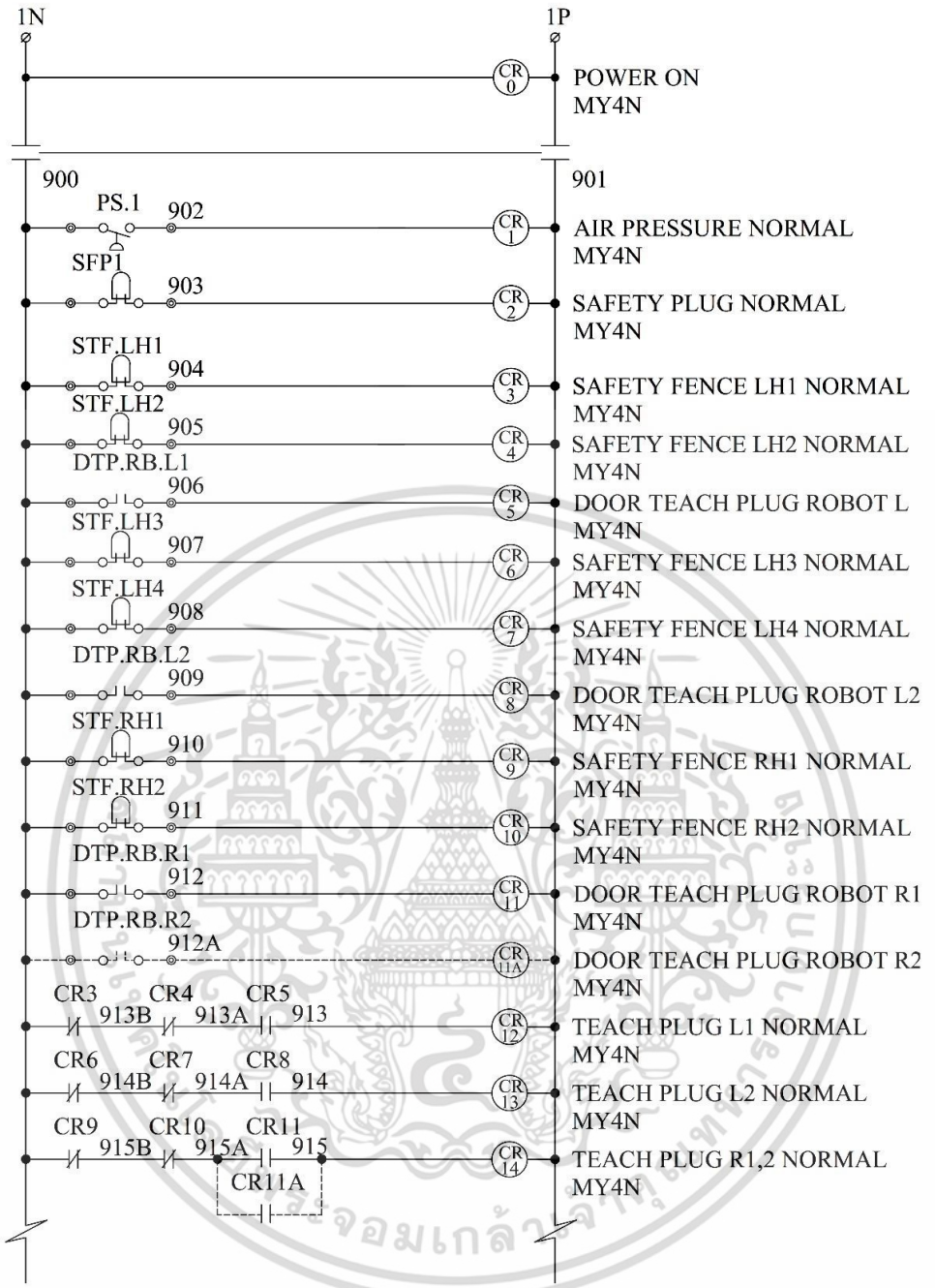


รูปที่ 4.10 วงจรจ่ายไฟเลี้ยงให้อุปกรณ์ต่างๆ [1]

4.2.5 ออกแบบวงจรควบคุม (Control Circuit) ชุดป้องกันความปลอดภัยของระบบทั้งหมด (Pokayoke System)

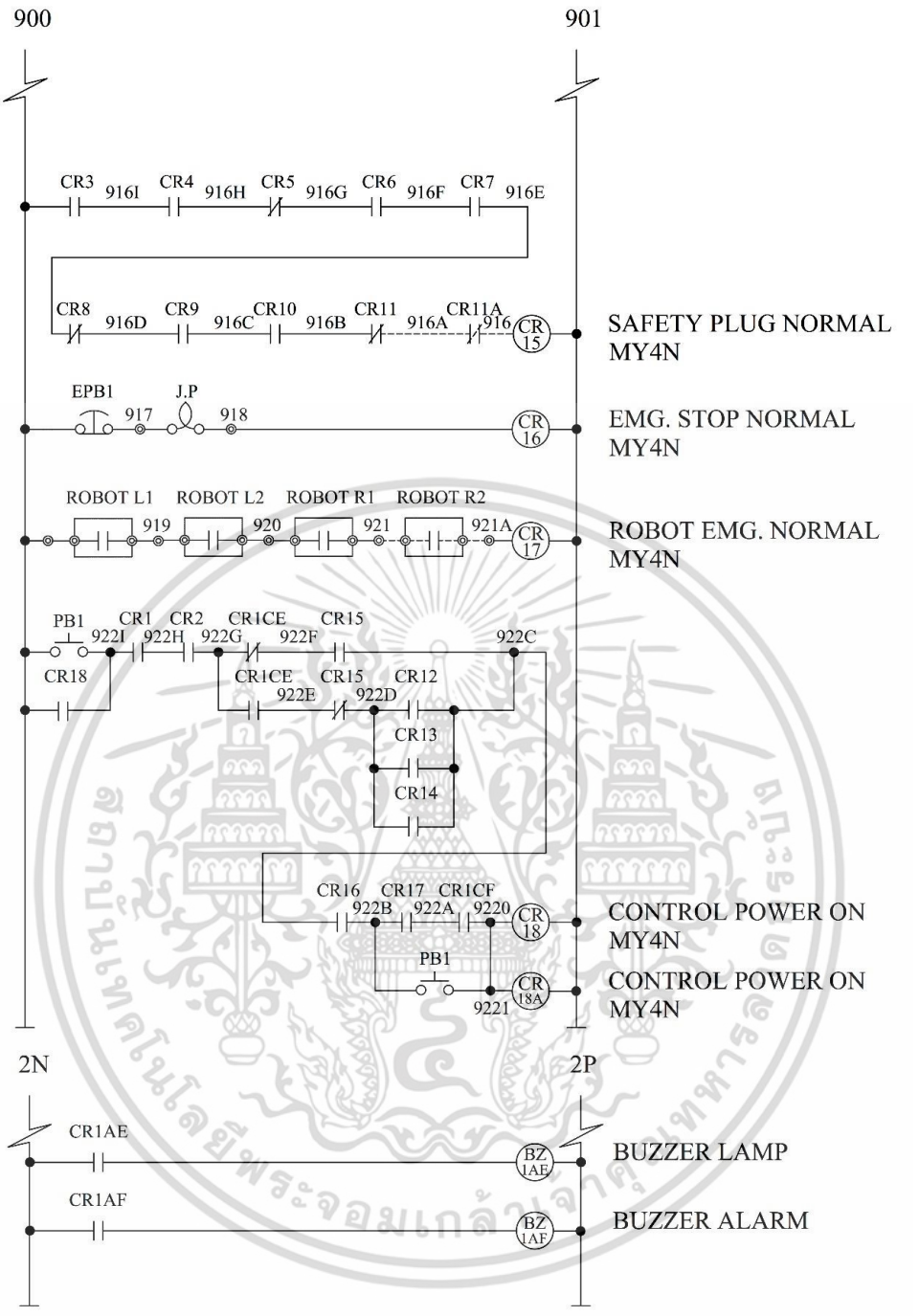
ชุดวงจรควบคุมนี้จะใช้ควบคุมการเปิดใช้งานระบบการทำงานทั้งหมดของระบบการควบคุมอัตโนมัติ, ชุดป้องกันความปลอดภัยในขณะที่โรบอทเชื่อมกำลังทำงาน, ชุดควบคุมสัญญาณระหว่างโรบอทเชื่อมกับชุดควบคุม PLC, ชุดสัญญาณเตือนในขณะที่ระบบการทำงานเกิดความผิดพลาดขึ้น, รีเลย์ของชุดสายพานลำเลียง, และชุด Solenoid Valve ซึ่งไม่สามารถต่อโดยตรงกับ Module Output ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



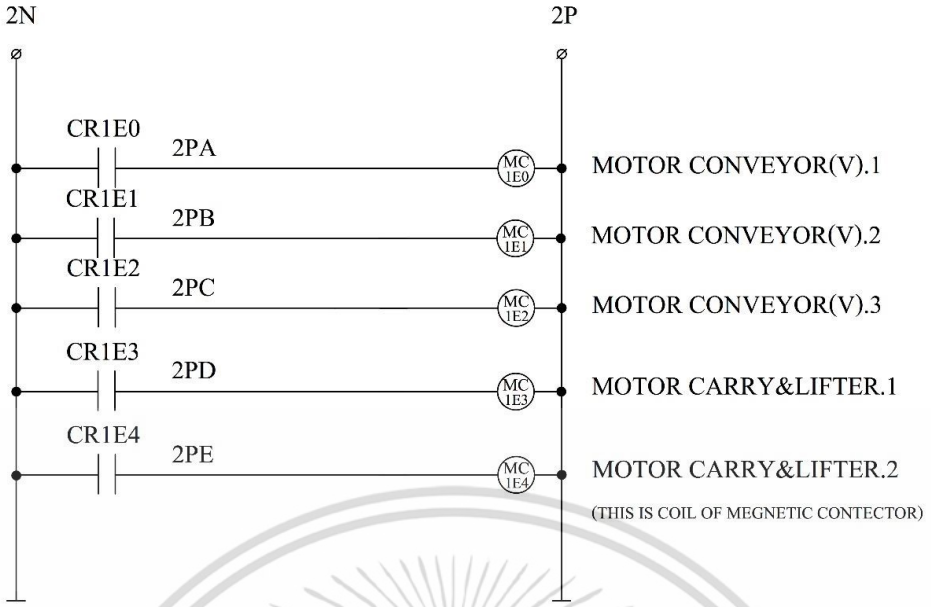
รูปที่ 4.11 วงจรควบคุมระบบทั้งหมด [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



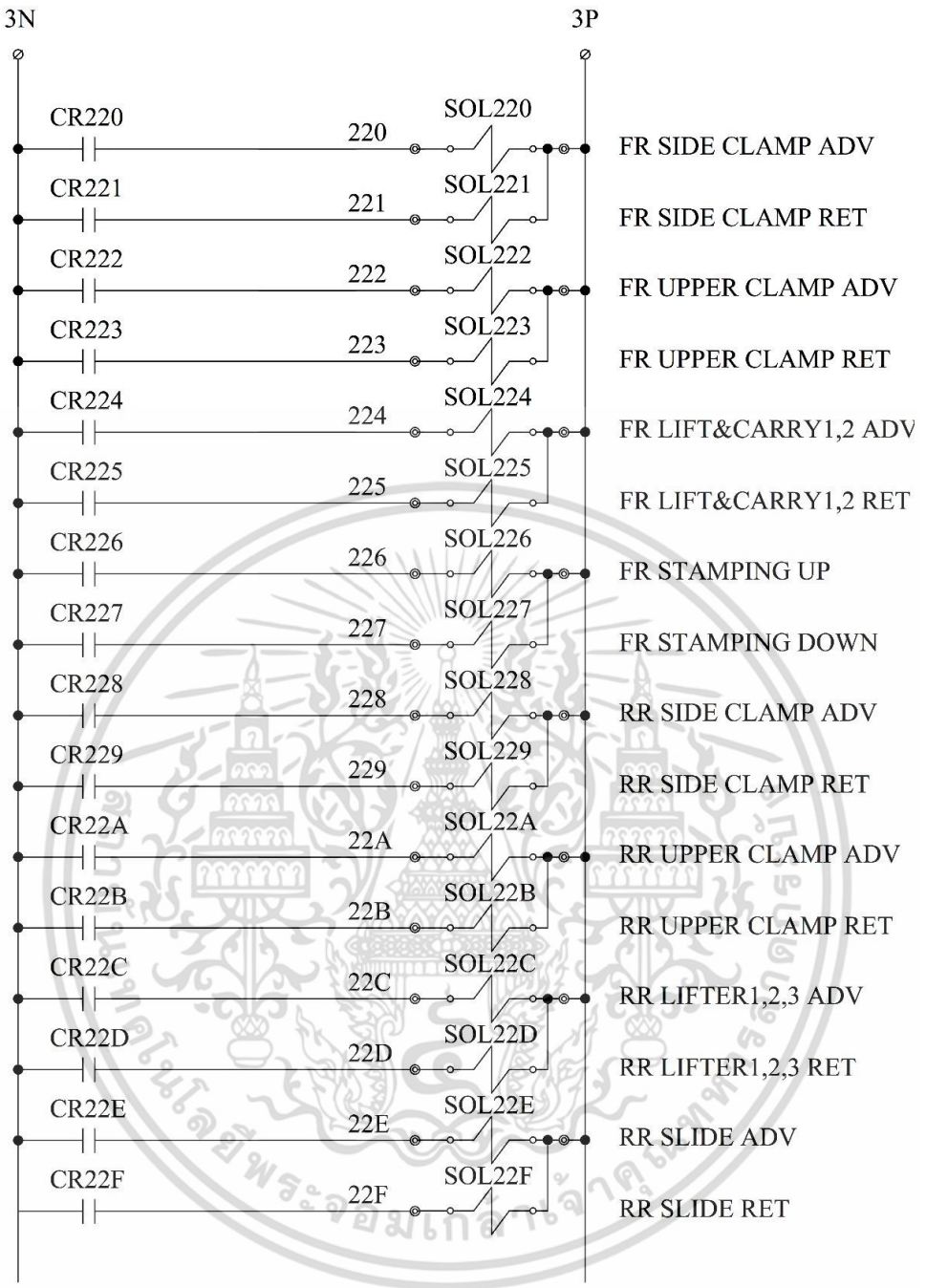
รูปที่ 4.12 วงจรควบคุมระบบทั้งหมด (ต่อ) [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



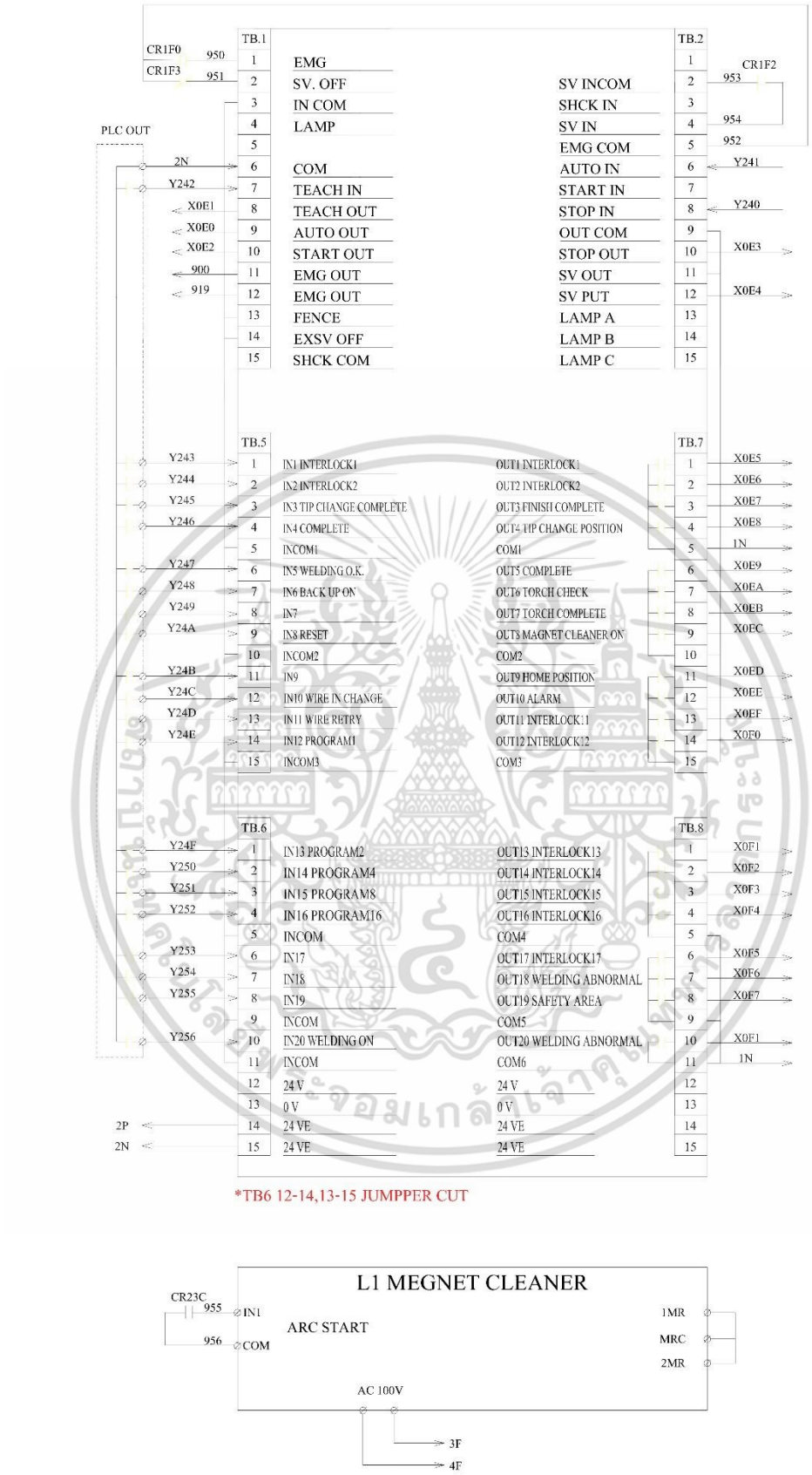
รูปที่ 4.13 วงจรควบคุมรีเลย์สำหรับชุดขับเคลื่อน [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 วงจรควบคุมรีเลย์สำหรับชุด Solenoid Valve [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

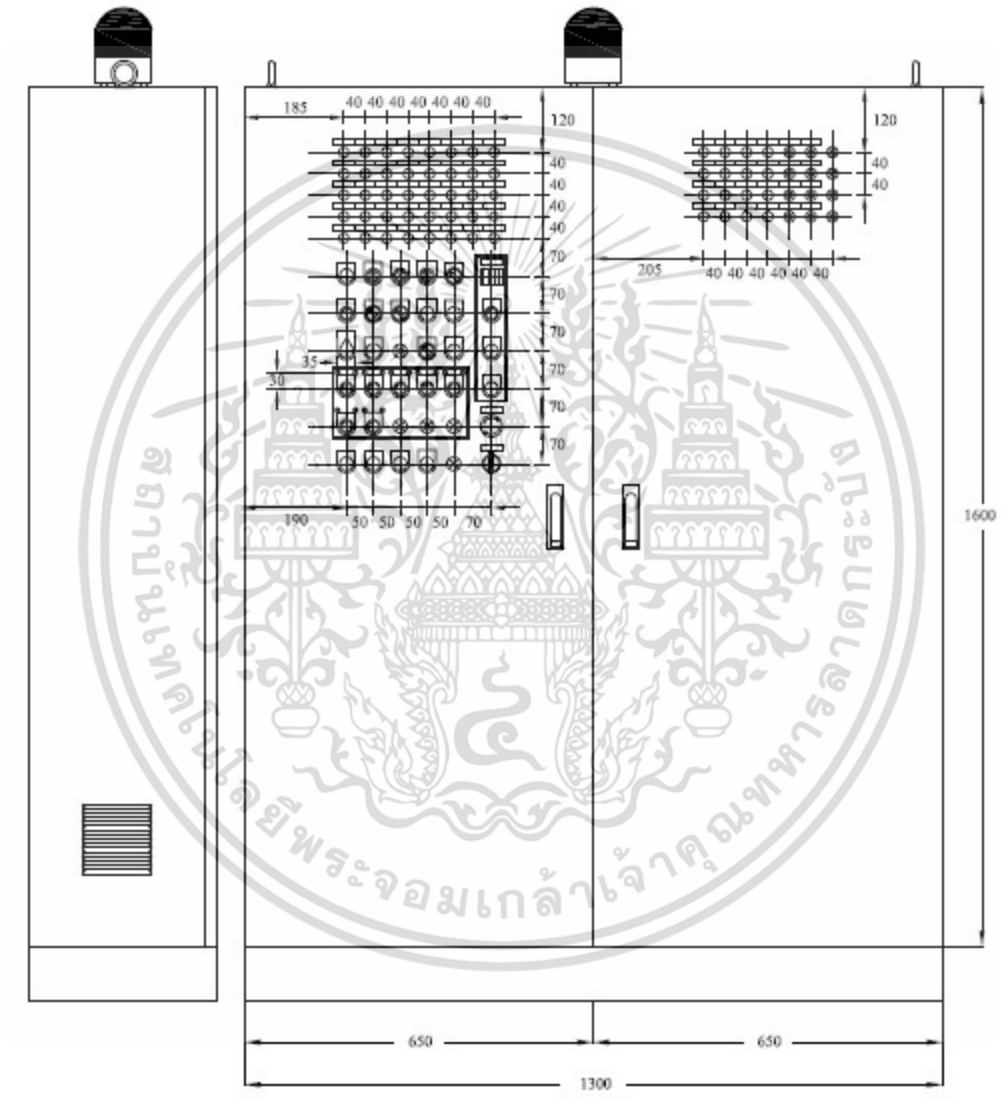


รูปที่ 4.15 วงจรควบคุมสำหรับ Robot Operation Panel [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

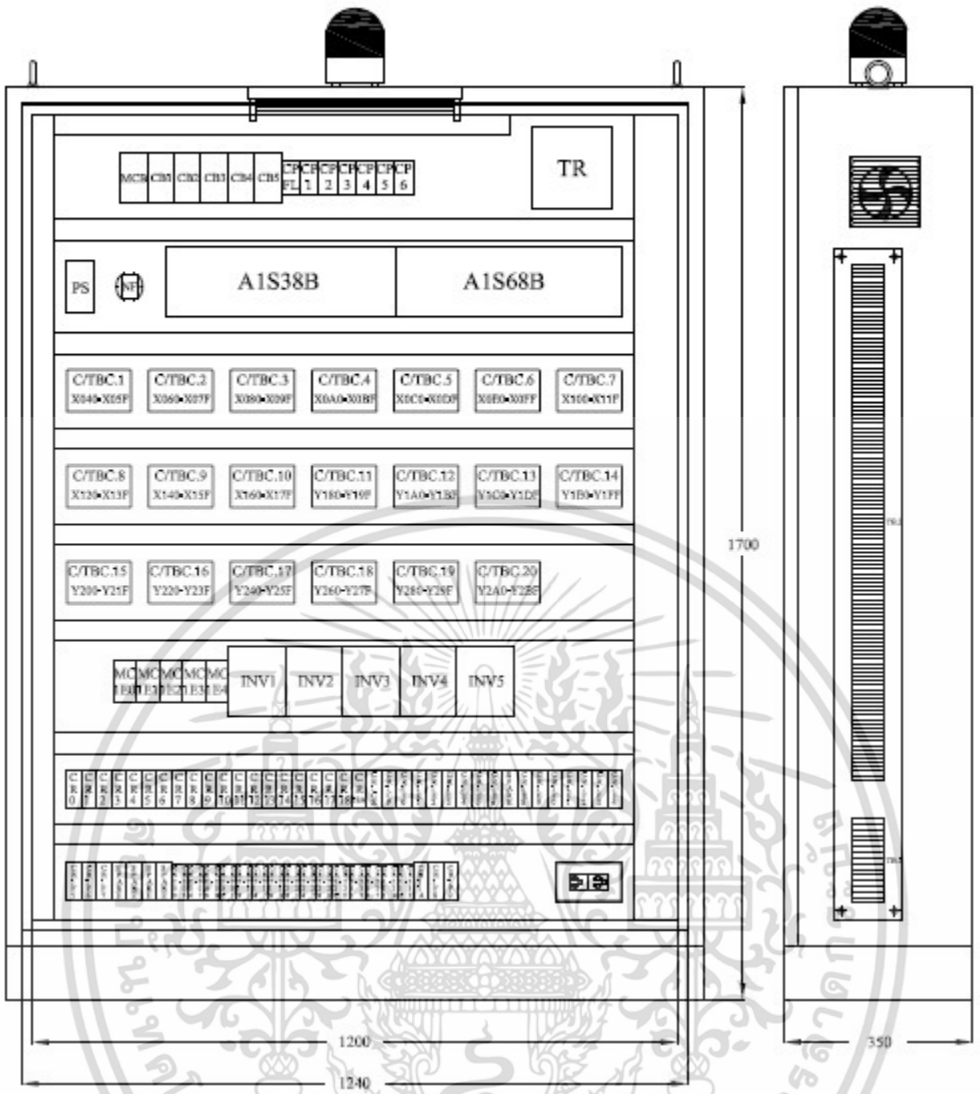
4.2.6 ออกแบบตู้เมนต์ควบคุมระบบ (Main Control Panel)

จากการออกแบบทำให้เราทราบว่าจะใช้อุปกรณ์ Hardware อะไรบ้าง เช่น Mold Case Circuit, Circuit Protector, Step down Transformer 380/200-100V, Power Supply, Noise Filter, Modular PLC, Terminal Block, Magnetic Contractor, Inverter, Socket Relays, Terminal Relays, Receptacle, Lamp และ ชุด Monitoring หน้าตู้เมนต์ควบคุม นำอุปกรณ์ Hardware ต่างๆเหล่านี้มาออกแบบขนาดไซด์ตู้เพื่อนำไป Wiring On Board ต่อไป



รูปที่ 4.16 หน้าตู้เมนต์ควบคุม [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม [1]

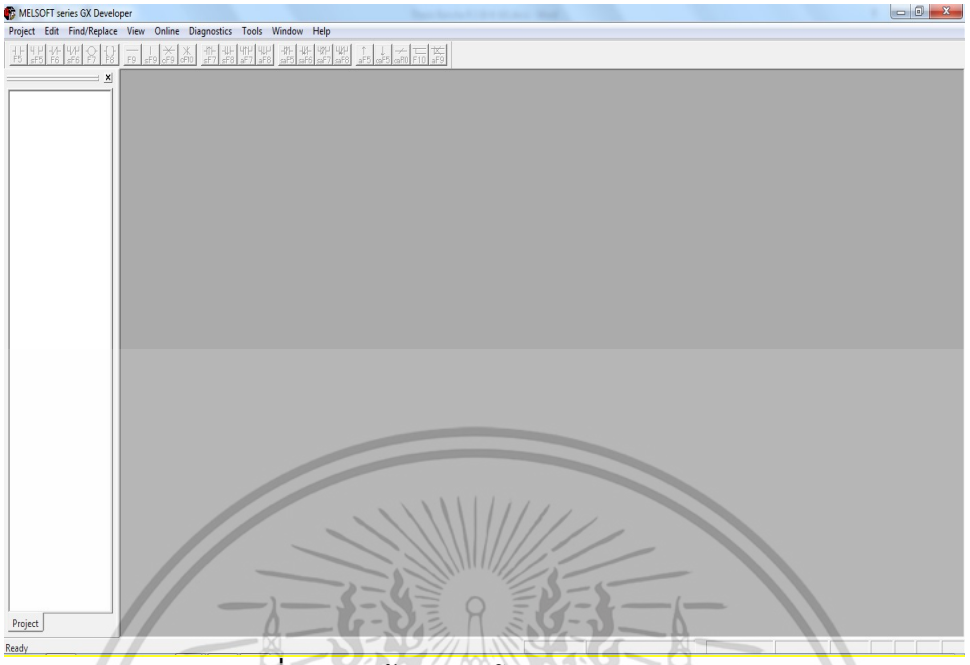
4.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับระบบพีแอลซี (PLC Programming)

การออกแบบคำสั่งโปรแกรมสำหรับ PLC. นั้น อ้างอิงมาตรฐานการใช้โปรแกรมภาษาของพีแอลซี ตามมาตรฐาน IEC.61131-3 ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้ 3 รูปแบบ คือ (1) คำสั่ง Instruction Code หรือ Instruction List(2) คำสั่ง Sequencer Function Chart (3) คำสั่ง Ladder Diagram โดยที่ขั้นตอนในการออกแบบฯ มีดังนี้

ในการออกแบบงานวิจัยนี้จะใช้คำสั่ง Ladder Diagram โดยใช้โปรแกรม GX Developer ออกแบบคำสั่ง Ladder Diagram โดยมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 เปิดโปรแกรม GX Developer



รูปที่ 4.18 หน้าต่างของโปรแกรม GX Developer [2]

4.3.2 ไปที่เมนูบาร์ ที่คำสั่ง Project → New Project (ดังรูปที่ 4.19) เพื่อสร้างโปรแกรมที่ต้องการออกแบบ เมื่อคิคที่ New Project โปรแกรมจะขึ้น Dialogue Block ชื่อ New Project (ดังรูปที่ 4.20) เลือก PLC Series ซึ่งจากงานวิจัยนี้จะเลือกเป็นรุ่น ACPU จากนั้นเลือก PLC Type เป็นรุ่น A2USH-S1 จากนั้นเลือก Program Type โดยคิคไปที่ Ladder เพราะในงานวิจัยนี้ใช้ภาษา Ladder Diagram จากนั้นตั้งชื่องานวิจัยที่จะเขียนโปรแกรม โดยคิคที่ Setup project name แล้วไปตั้งชื่องานวิจัยที่ช่อง Project name แล้วคิคที่ OK จะขึ้น Dialogue Block ถามว่าเราต้องการสร้าง New Project ใช่ไหม ก็คิค Yes โปรแกรมก็จะขึ้นหน้าจอ (ดังรูปที่ 4.21) แล้วเริ่มเขียน Ladder Diagram ตามแผนภูมิการทำงานใน Mode Manual และ Mode Automation (ดังรูปที่ 4.22และรูปที่ 4.23) ตามลำดับ ซึ่งการจะออกแบบ Ladder Diagram จะแยกการออกแบบให้ครอบคลุมและง่ายต่อการค้นหาคำสั่งต่างๆใน Ladder Diagram โดยสามารถแบ่งการออกแบบได้ดังนี้

4.3.2.1 Central Control Room Program

4.3.2.2 Car Type Program

4.3.2.3 Control Program

4.3.2.4 Fault & Alarm Program

4.3.2.5 Mode Manual Program

4.3.2.6 Mode Auto Program

4.3.2.7 Mode Interlock Program

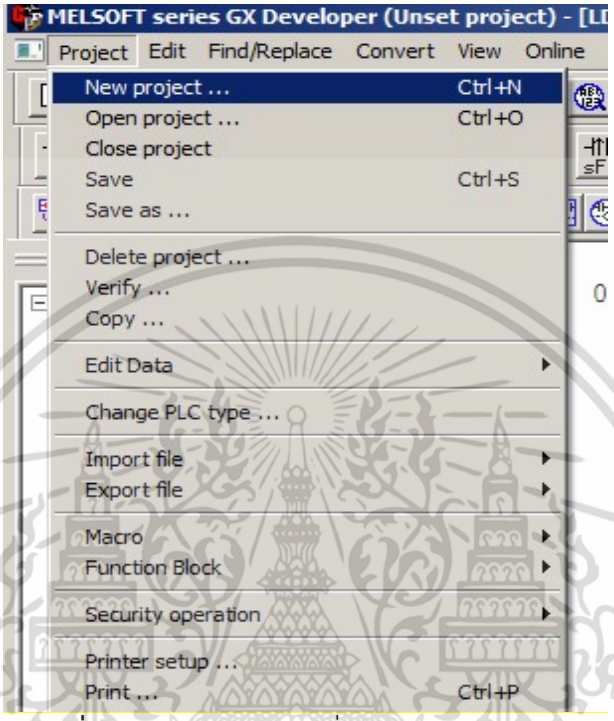
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.8 Sensor Program

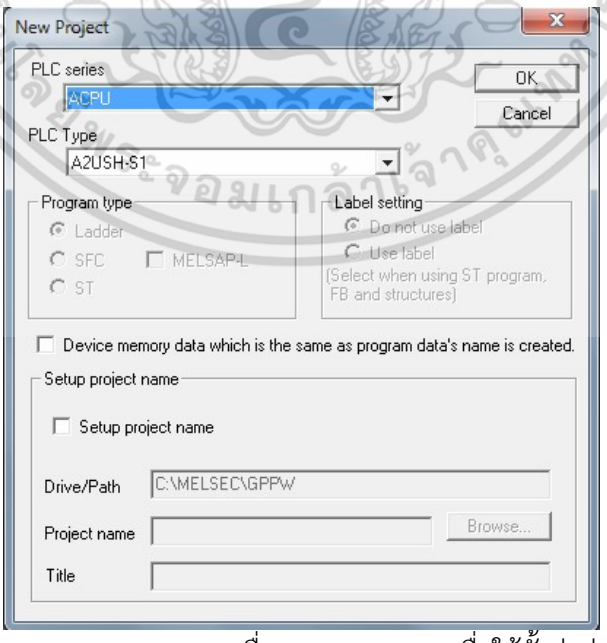
4.3.2.9 Output Program

4.3.2.10 Mode Endurance Run Program

4.3.2.11 Indicator for Production Status

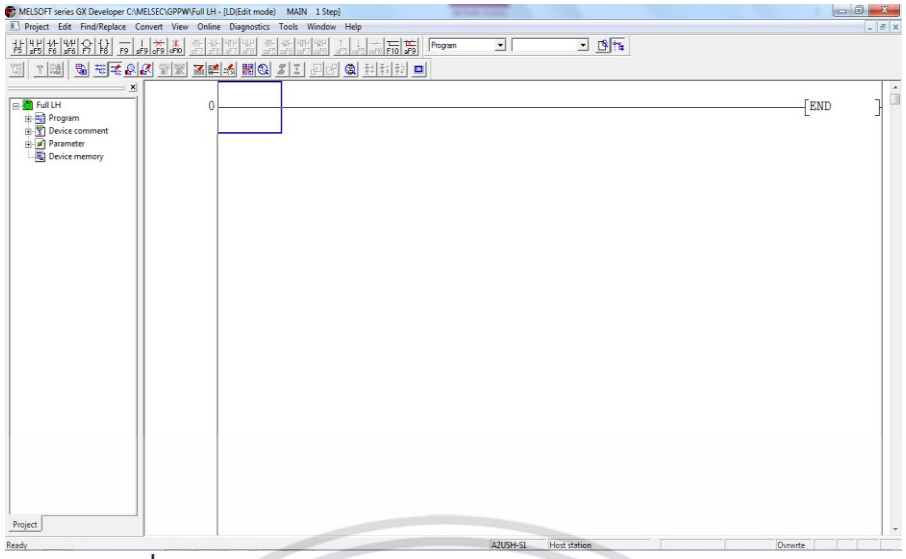


รูปที่ 4.19 สร้างโปรแกรมที่ต้องการออกแบบ [2]

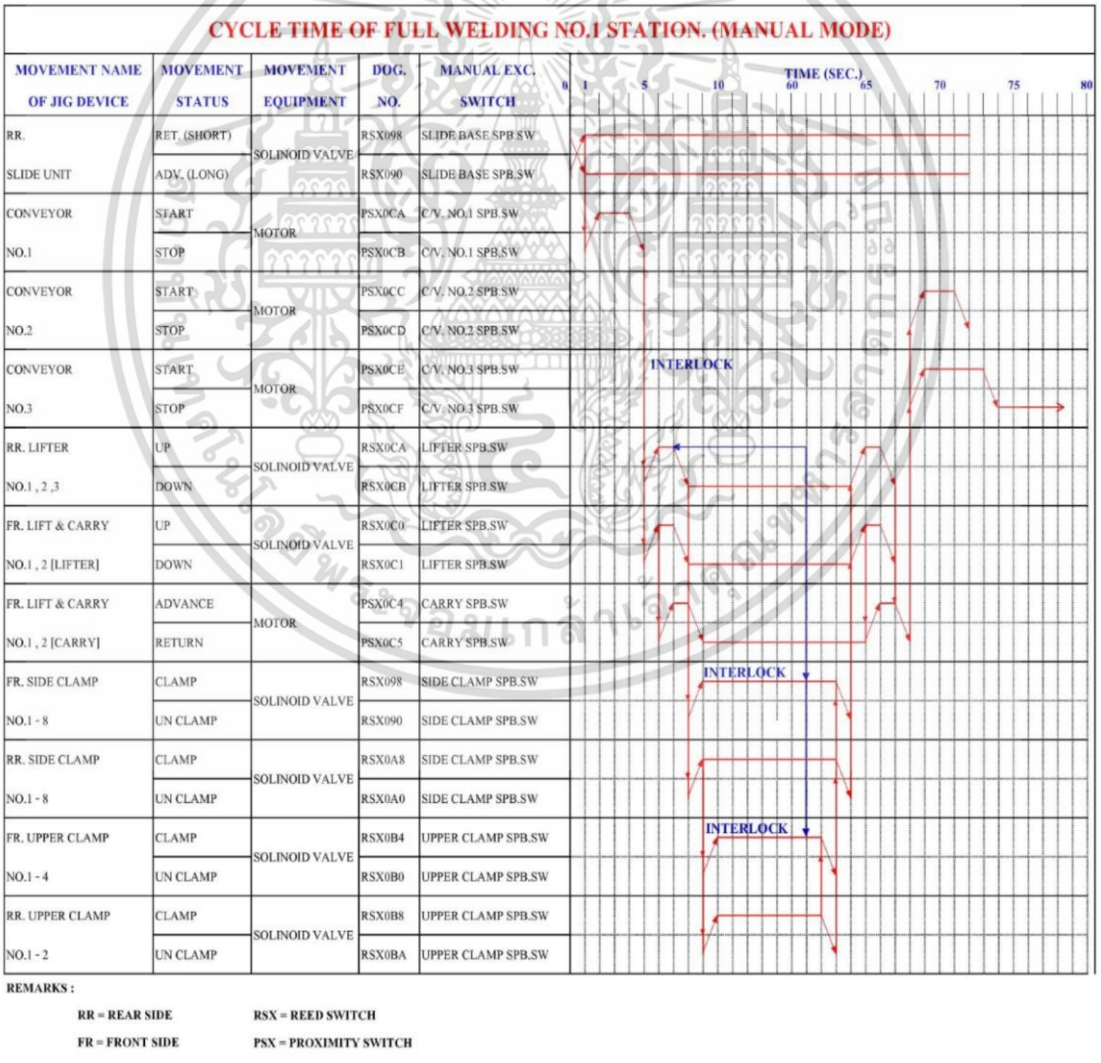


รูปที่ 4.20 Dialogue Block ชื่อ New Project เพื่อใช้ตั้งค่าต่างๆ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

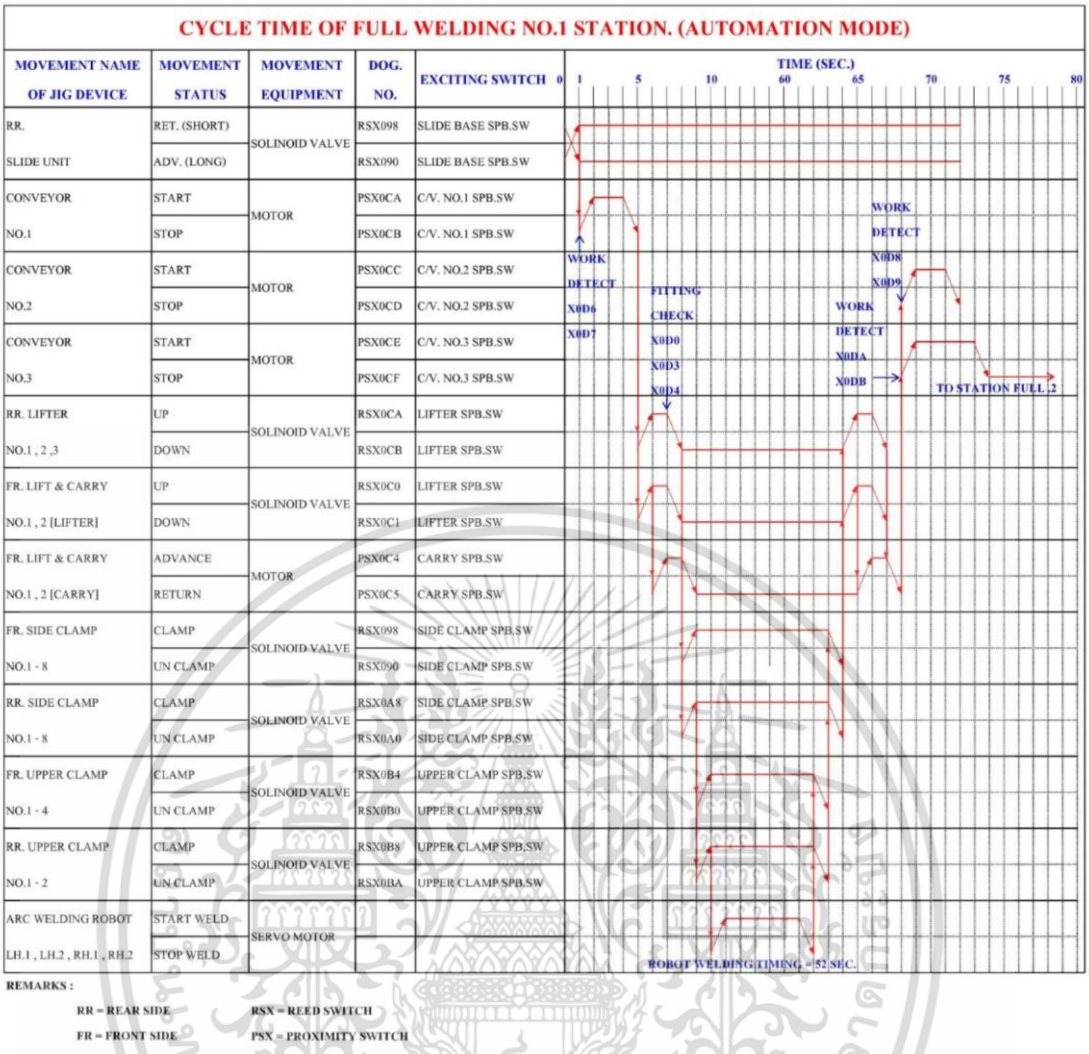


รูปที่ 4.21 โครงสร้างหน้าจอของโปรแกรม GX Developer [2]



รูปที่ 4.22 Timing Diagram แสดงการทำงานใน Mode Manual

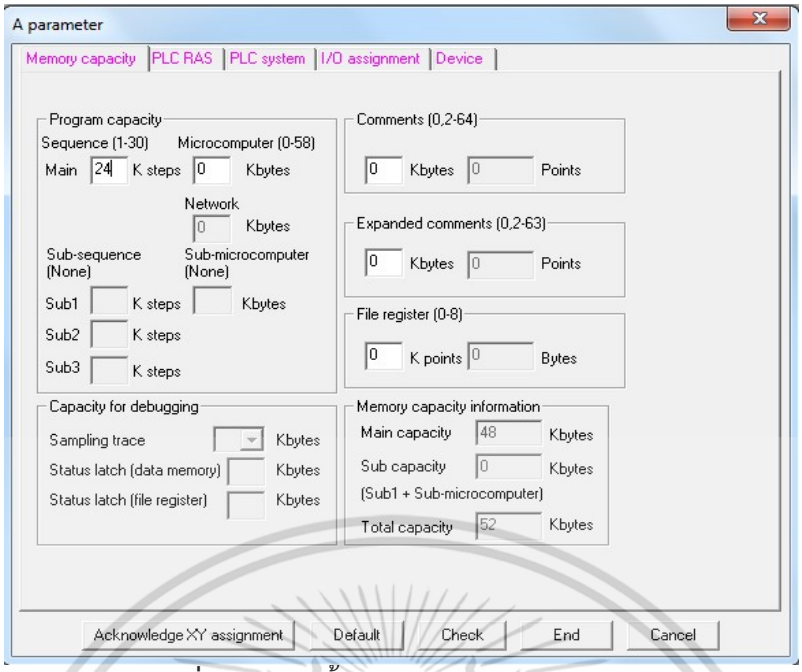
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 Timing Diagram แสดงการทำงานใน Mode Automation

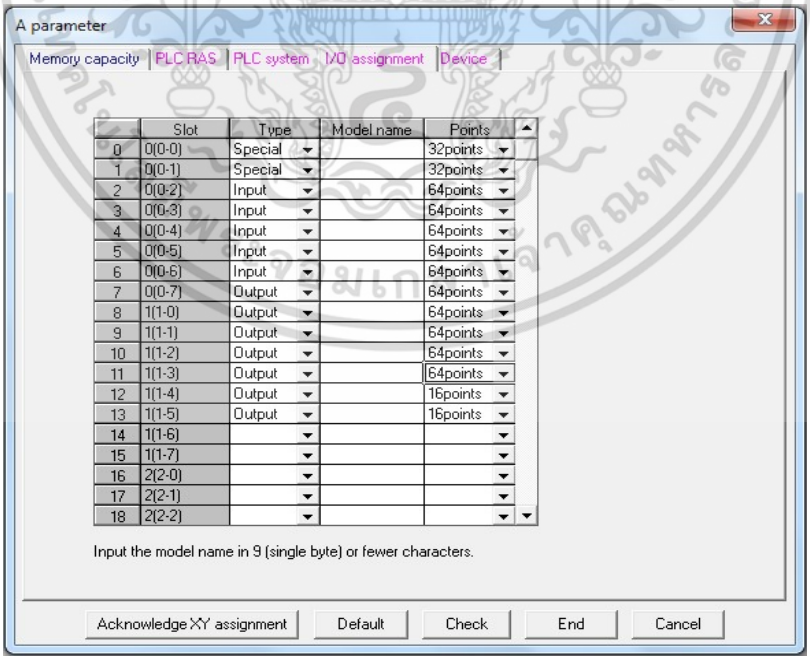
4.3.3 ตั้งค่า Parameter โดยไปที่ Program Data List Area (ด้านซ้ายของหน้าต่างโปรแกรม GX Developer) คิคที่ + Parameter แล้วดับเบิ้ลคิคที่ PLC Parameter จะขึ้น Dialogue Block ชื่อ A parameter ให้คิคไปที่ Momory capacity แล้วใส่ค่า Program capacity ในช่อง Sequence Main เป็น 24 K steps (ดังรูปที่ 4.24)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 การตั้งค่า Program Capacity [2]

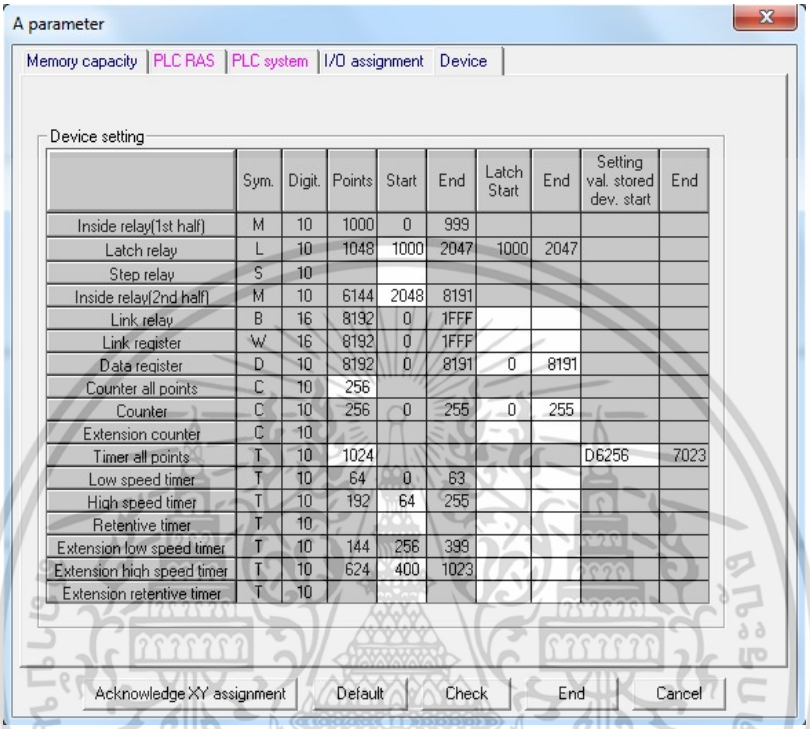
4.3.4 Dialogue Block (A parameter) ให้คิคไปที่ I/O assignment เพื่อกำหนดโครงร่างของ Special slot, Input slot, Output slot และกำหนดจำนวน Point ให้แต่ละโมดูลที่เลือกใช้งาน (ดังรูปที่ 4.25)



รูปที่ 4.25 การตั้งค่า I/O assignment [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

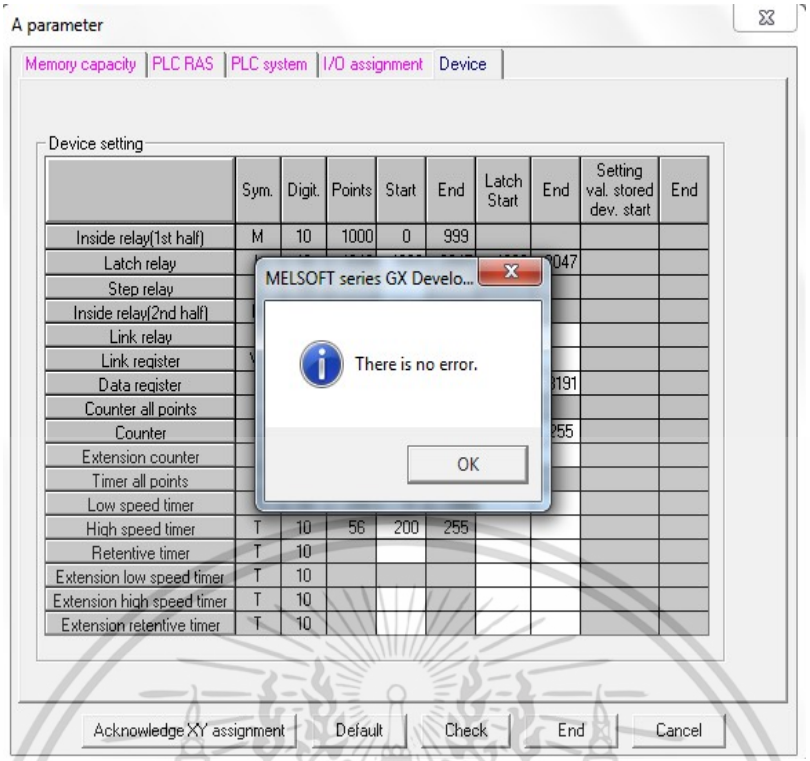
4.3.5 Dialogue Block (A parameter) ให้คิคไปที่ Device เพื่อตั้งค่า Latch relay [L1000 – L2047], Inside relay (2nd half) [M2048 – M8191], Data register [D0 – D8191] และ Counter [C0 – C255] ที่จำเป็นต้องตั้งค่าอุปกรณ์ทั้งหมดนี้เนื่องมาจากเวลาเกิดไฟดับและหรือไม่มีไฟไปเลี้ยงชุด Power Supply Unit อุปกรณ์ทั้งหมดนี้ก็ยังจำค่าที่เก็บไว้ได้ (ดังรูปที่ 4.26)



รูปที่ 4.26 การตั้งค่า Device [2]

4.3.6 เมื่อตั้งค่าใน Dialogue Block (A parameter) จนเสร็จแล้ว ให้คิคไปที่ Check จะขึ้น Dialogue Block บอกว่า ไม่มีความผิดพลาดในการตั้งค่า parameter ให้เราคิค OK แล้วคิค End ก็แสดงว่าตั้งค่า Parameter สมบูรณ์แล้ว (ดังรูปที่ 4.27)

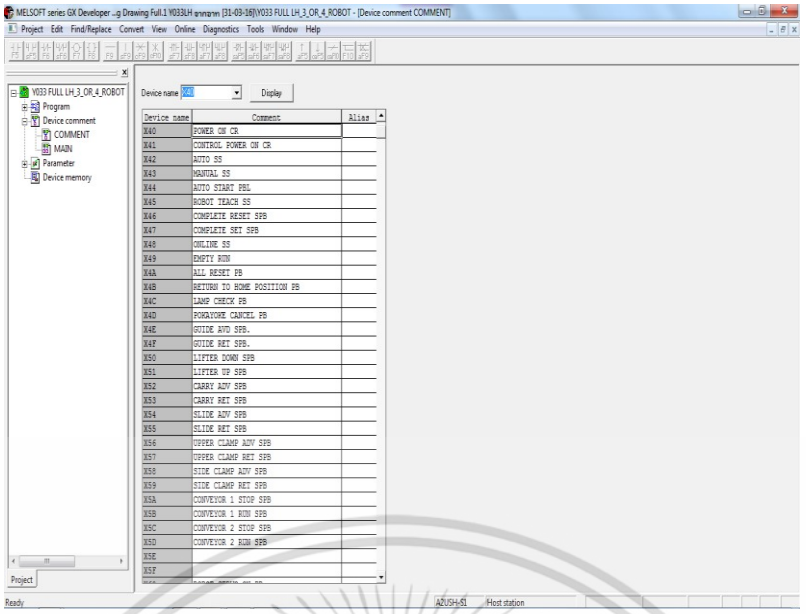
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



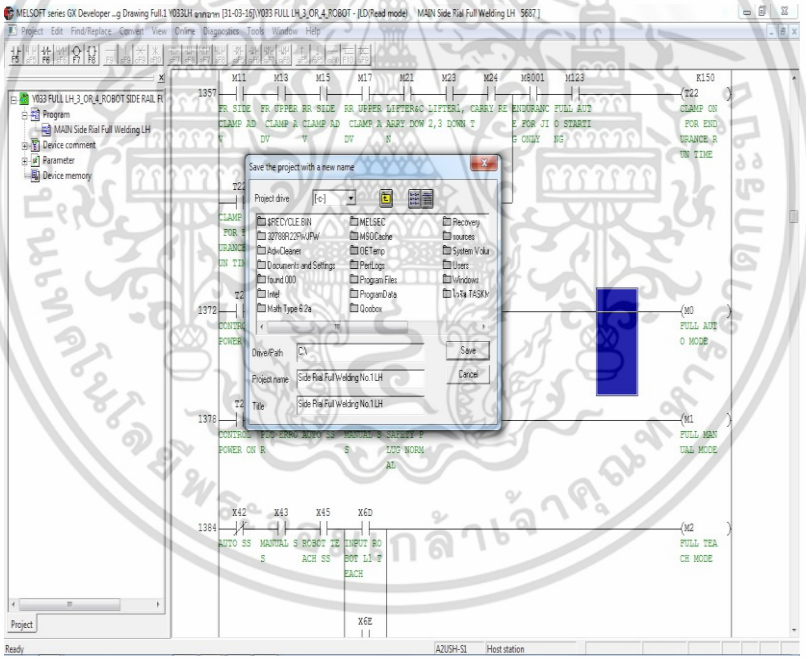
รูปที่ 4.27 การตั้งค่าParameter เสร็จสมบูรณ์ [2]

4.3.7 ตั้งค่า Device Comment โดยไปที่ Program Data List Area (ด้านซ้ายของหน้าต่างโปรแกรม GX Developer) คิคที่ + Device Comment แล้วดับเบิ้ลคิคที่ Comment จะขึ้น หน้าต่างของ Device Name จากนั้นจึงพิมพ์ชื่ออุปกรณ์ทั้งอุปกรณ์ที่เป็น Special Module, Input Module, Output Module ที่เรากำหนดไว้ตั่งแต่การเริ่มออกแบบ (อ้างอิงจากตารางที่ 4.1) รวมถึงอุปกรณ์ที่โปรแกรมมีให้เลือกใช้ตาม Data Sheet ของ PLC แต่ละรุ่น ซึ่งเราก็ได้กำหนดไว้แล้วตั่งแต่การตั้ง Parameter เช่น Inside Relay (1^{st} half), Latch relay [L1000 – L2047], Inside relay (2^{nd} half) [M2048 – M8191], Data register [D0 – D8191] และ Counter [C0 – C255] ก็จำเป็นต้องใส่ชื่ออุปกรณ์จำพวกนี้เข้าไปด้วย (ดังรูปที่ 4.28) หลังจากตั้งค่า Device Comment ก็ Save (ดังรูปที่ 4.29) เพื่อเตรียมเป็น Program Backup เพื่อจะ Down Load ลงสู่ CPU Module ของ PLC ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 การตั้งชื่ออุปกรณ์ [2]



รูปที่ 4.29 การบันทึกข้อมูลของโปรแกรมที่ออกแบบ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ

หลังจากที่ออกแบบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ (Hard Wire Drawing), ออกแบบโปรแกรมสำหรับระบบพีแอลซี (PLC Programming) และ Wiring On Board เสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปนำMain Control Panel, Terminal Box, Wiring Cable ไปติดตั้งตาม Layout พร้อมทั้งเดินสายไฟเข้าอุปกรณ์รวมถึงตัวโรบอทเชื่อม รายละเอียดการทดสอบฯ สามารถพิจารณาได้จากตารางการทดสอบการทำงาน ตามตารางนี้

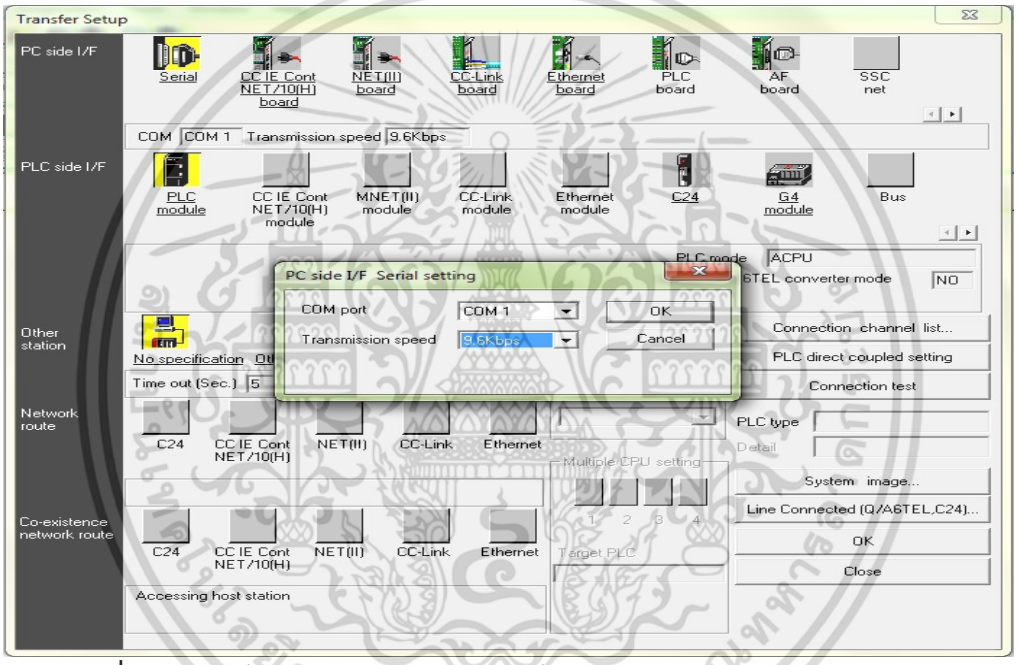
ตารางที่ 5.1 ตารางการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติ

ที่	รายละเอียดการทดสอบ	วันที่															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	นำ Main Control Panel, Robot Operation Panel, Terminal Box ติดตั้งตาม Layout	✓															
2	เดินสายไฟที่ตัว Jig Base			✓	✓												
3	เดินเมนต์ไฟจ่ายให้กับ Main Control Panel, Robot Operation Panel					✓											
4	จ่ายไฟให้กับ Main Control Panel, Robot Operation Panel						✓										
5	Download Softwareที่ออกแบบลง CPU ของ PLC							✓									
6	เช็คสัญญาณ Input / Output							✓									
7	ทดสอบในโหมด Manual							✓	✓	✓							
8	ทดสอบในโหมด Automation										✓	✓	✓				
9	ทดสอบความคงทน Endurance													✓	✓	✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 รายละเอียดขั้นตอนการ Down Load Software Back Up

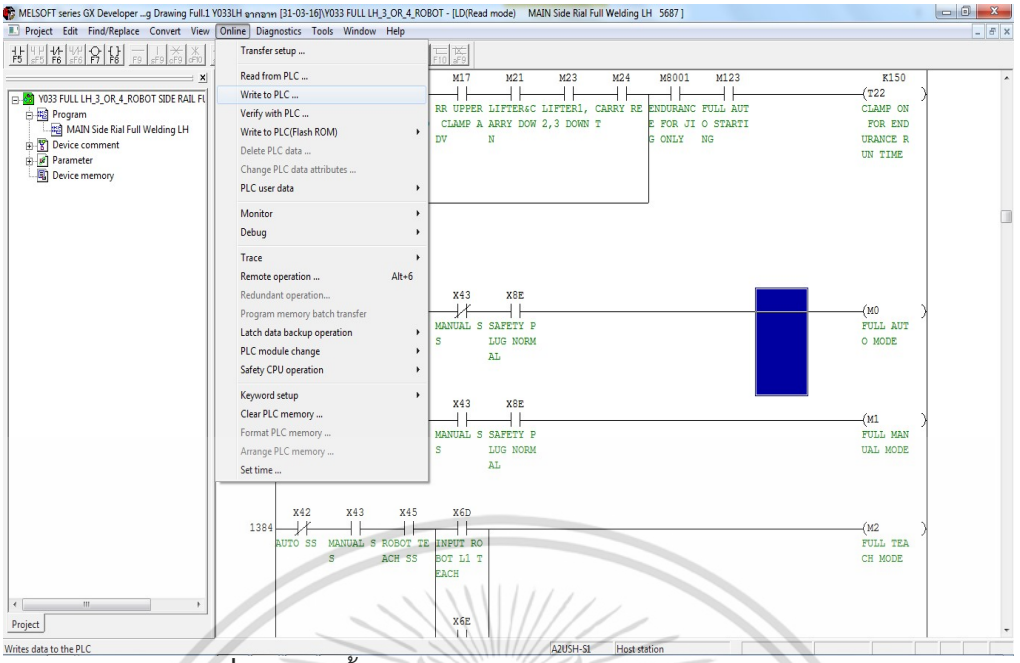
5.1.1 ในการ Down Load Software Back Up ที่ได้ออกแบบไว้แล้วนั้น อุปกรณ์ที่ต้องใช้คือ Note Book ที่ทำการลง Software ของ PLC ไว้เรียบร้อยแล้ว (ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะใช้โปรแกรม GX Developer), ต่อสายลิงค์ (Interface Cable) ระหว่าง Note Book กับ CPU ของ PLC และต้องตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่าง Note Book กับ CPU ของ PLC เพื่อให้มองเห็นกัน โดยไปที่เมนูบาร์ที่คำสั่ง Online → Transfer Setup จะขึ้น Dialogue Block ชื่อ Transfer Setup ขึ้นมา (ดังรูปที่ 5.1) จากนั้นให้ตั้งค่า Com Port [COM1], ความเร็วในการส่งสัญญาณ [9.6K], คิค OK จากนั้นตรวจสอบสาย Interface ว่ามองเห็นระหว่าง CPU กับ Note Book โดยคิคที่ Connection Test ถ้าเชื่อมต่อไม่มีข้อผิดพลาด ก็คลิก OK



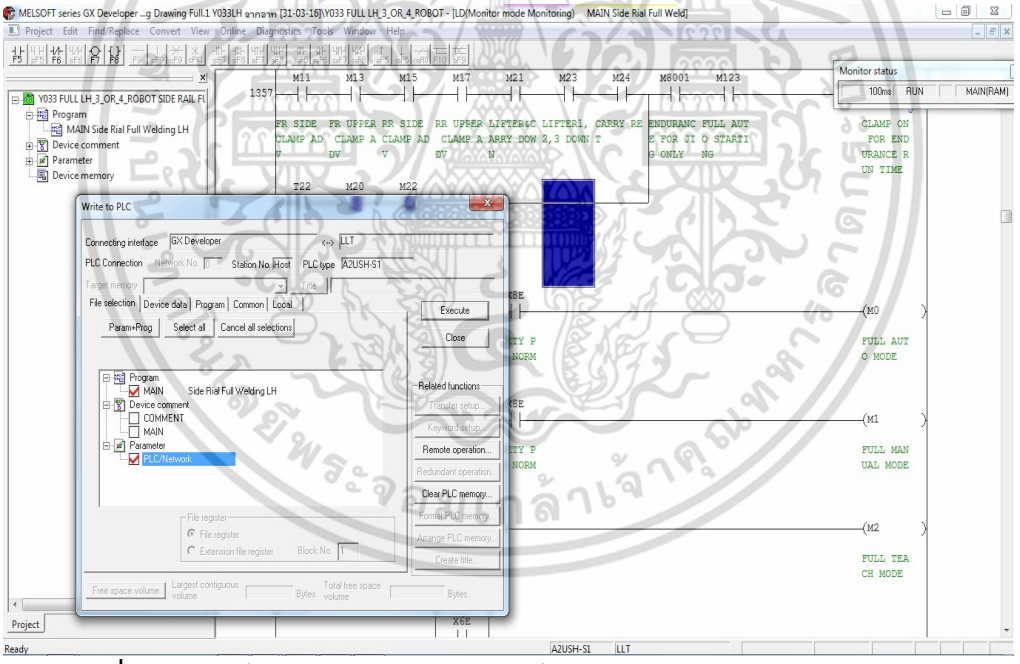
รูปที่ 5.1 การเซ็ตสาย Interface ให้มองเห็นระหว่าง CPU กับ Note Book [2]

5.1.2 Down Load Software Back Up ที่ได้ออกแบบไว้ โดยไปที่เมนูบาร์ ที่คำสั่ง Online → Write to PLC (ดังรูปที่ 5.2) จะขึ้น Dialogue Block ชื่อ Write to PLC ขึ้นมา (ดังรูปที่ 5.3) จากนั้นให้คิค Program กับ Parameter จากนั้น คิคที่ Excecute รอให้ลงโปรแกรมจนเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 การตั้งค่าเตรียมดาวส์โหลดโปรแกรมลง CPU [2]

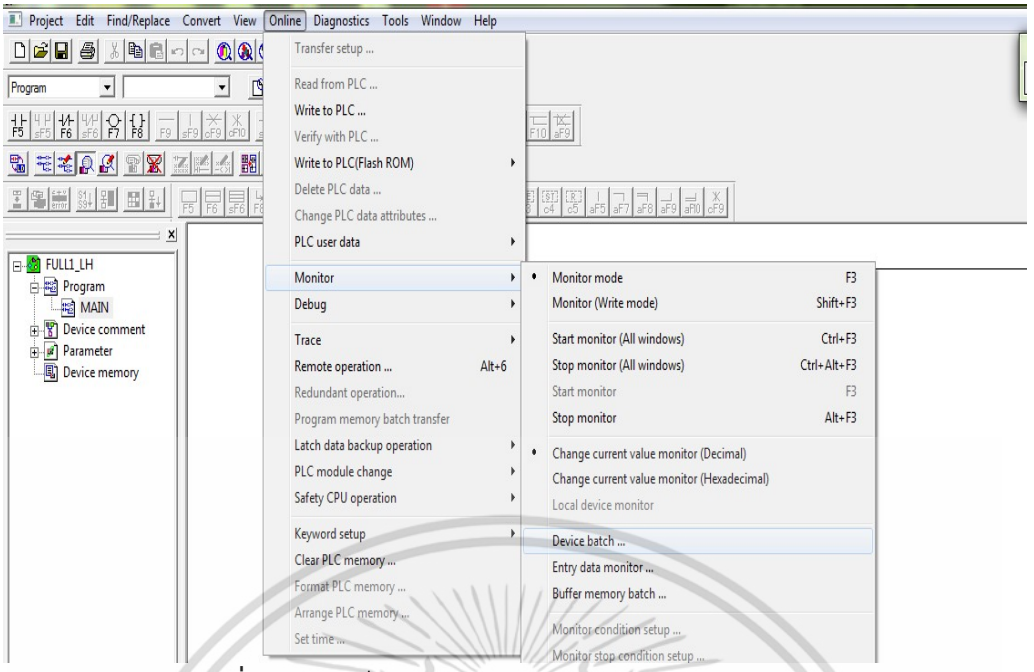


รูปที่ 5.3 การเซ็ตสาย Interface ให้มองเห็นระหว่าง CPU กับ Note Book [2]

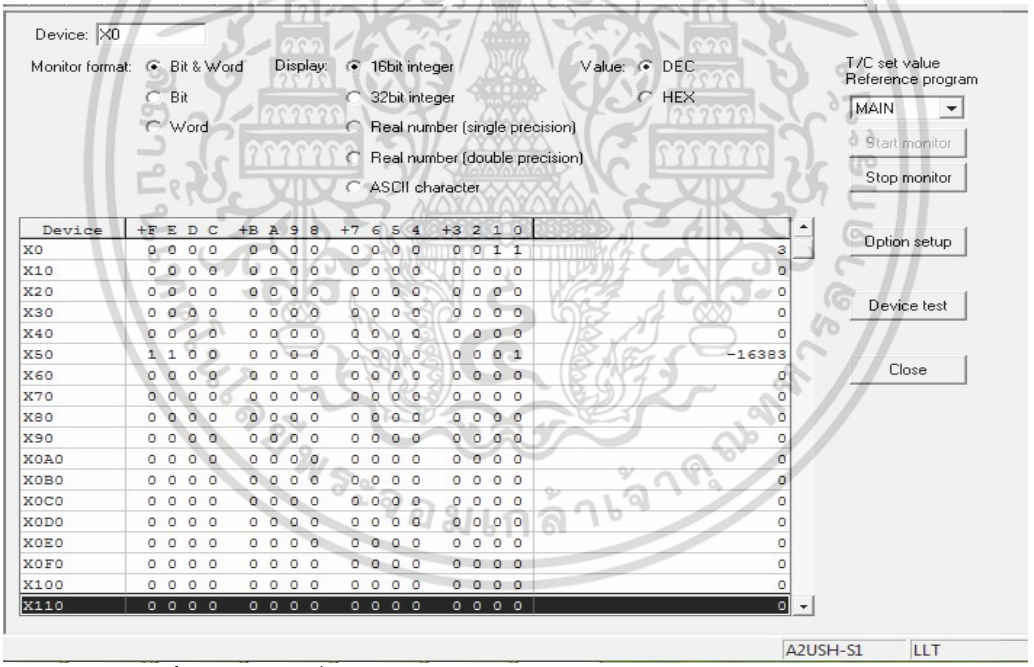
5.2 รายละเอียดขั้นตอนการเช็คสัญญาณ Input / Output

การเช็คสัญญาณ Input / Output ของ PLC ก็เพื่อตรวจสอบการเดินสายไฟว่าเดินถูกต้องหรือไม่ มีการสลับสายไฟจากบวกเป็นลบ หรือสลับจากลบเป็นบวกไหม เหตผลข้อหนึ่งที่ค่อนข้างจะสำคัญก่อนที่จะทำการทดสอบในโหมด Manual และหรือโหมด Automation ก็คือ การเช็คสัญญาณ Input / Output ของ PLC ก่อนนั้นเอง ขั้นตอนนั้นสามารถดูได้จาก (รูปที่ 5.4, รูปที่ 5.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 การเช็คสัญญาณ Input / Output ของ PLC [2]



Device	+F E D C	+B A 9 8	+7 6 5 4	+3 2 1 0	
X0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 1	3
X10	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X20	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X30	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X40	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X50	1 1 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 1	-16383
X60	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X70	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X80	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X90	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X0A0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X0B0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X0C0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X0D0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X0E0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X0F0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X100	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0
X110	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0

รูปที่ 5.5 บล็อคที่ใช้ตรวจเช็คสัญญาณ Input / Output ของ PLC [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

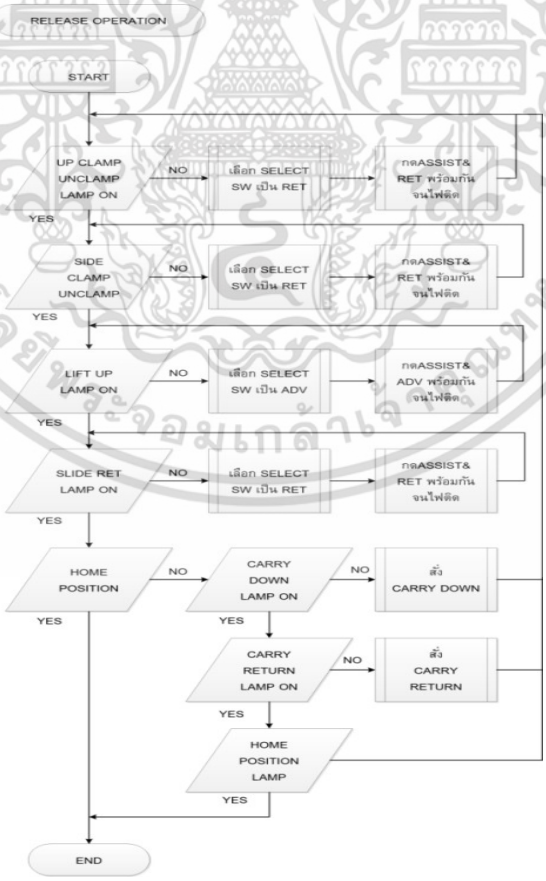
ก. อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจเช็คสัญญาณ

ข. การตรวจเช็คสัญญาณ

รูปที่ 5.6 ขั้นตอนการตรวจเช็คสัญญาณ Input / Output ของ PLC

5.3 รายละเอียดขั้นตอนการทดสอบในโหมด Manual

หลังจากที่การติดตั้งระบบฯทั้งหมดเสร็จเรียบร้อย ขั้นตอนต่อไปจะต้องทำการทดสอบการทำงานของระบบและอุปกรณ์ต่างๆให้พร้อมก่อนที่จะเริ่มผลิตฯจริง โดยจะต้องทดสอบการทำงานโหมด Manual ตามขั้นตอนใน Flow Chart ดังรูปที่ 5.7

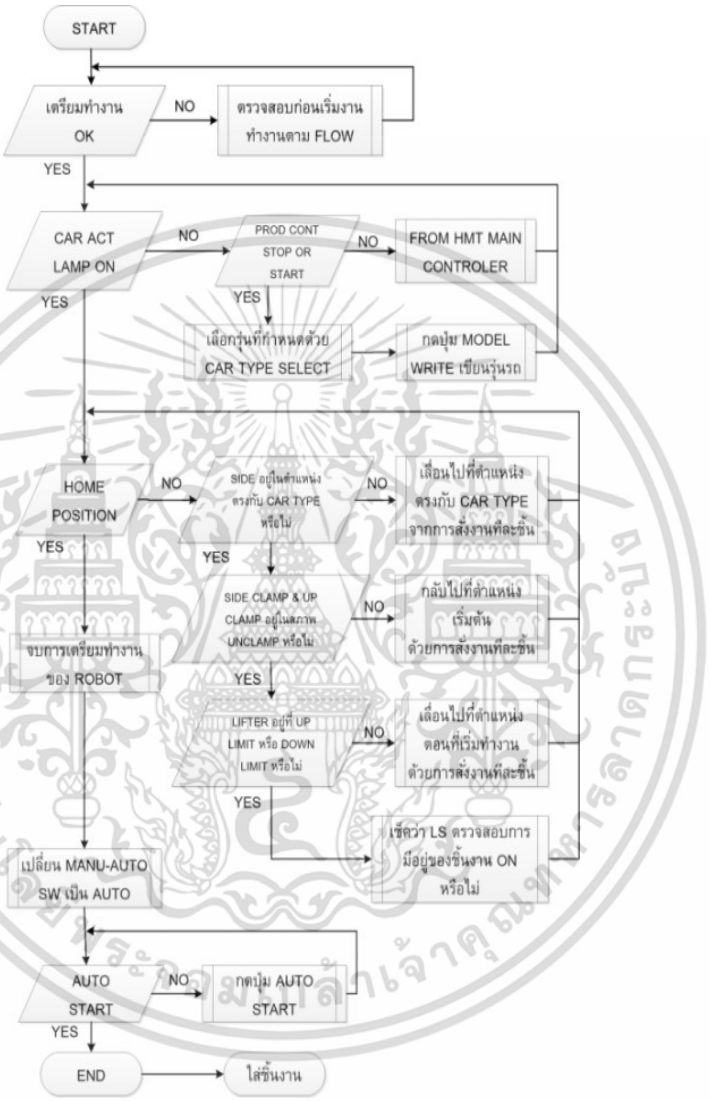


รูปที่ 5.7 แผนภูมิการทำงานในโหมด Manual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 รายละเอียดขั้นตอนการทดสอบในโหมด Automation

เมื่อตรวจสอบการทำงานในโหมด Manual จนแน่ใจแล้วว่าอุปกรณ์จับยึดแชสซี (Jig Fixture) ไม่เกิดการชนหรือเบียดกัน (Interfere) แล้ว จึงจะสามารถทดสอบการทำงานในแบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบตามขั้นตอนใน Flow Chart ดังรูปที่ 5.8 ต่อไป



รูปที่ 5.8 แผนภูมิการทำงานในโหมด Automation

5.5 รายละเอียดขั้นตอนการทดสอบความคงทน Endurance Test

เมื่อตรวจสอบการทำงานในโหมด Automation เรียบร้อยและต้องมั่นใจว่าระบบควบคุมที่ได้ออกแบบไว้ไม่เกิดปัญหาจากโปรแกรม จะต้องทำการทดสอบความคงทนของตัวจับยึดชิ้นงาน (Jig Fixture) โดยการให้ระบบทำงานตัวเปล่า โดยยังไม่ต้องป้อนชิ้นงานเข้าไป โดยเฉลี่ยจะทดสอบความคงทนอย่างน้อย 2 วัน (48 ชั่วโมง) ก่อนจะเริ่มผลิตชิ้นงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอกรณีศึกษาของการปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้พีแอลซี ร่วมกับการนำหุ่นยนต์แขนกลมาใช้ในไลน์โครงช่วงล่างของรถกระบะหนึ่งตัน ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ในการปรับปรุงและทดสอบการทำงานของระบบและทำการวิเคราะห์รอบการทำงานหลังจากปรับปรุงแล้ว พบว่าเป็นที่น่าพอใจทั้งในแง่ของคุณภาพของชิ้นงานและกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น จากผลของรอบเวลาการทำงานที่สั้นลง ซึ่งหลังจากทำการติดตั้งระบบที่ออกแบบในไลน์การผลิตจริงแล้ว จึงได้ทำการทดสอบระบบโดยการจับเวลาของแต่ละรอบการทำงาน รวมถึงกระบวนการย่อยในแต่ละสถานีแล้ว ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ตารางเปรียบเทียบรอบการทำงานหลังจากเปลี่ยนมาใช้ระบบ PLC

Stations No.	รอบการทำงาน (วินาที)	
	ก่อน	หลังติดตั้งระบบที่ออกแบบนำเสนอ
Inner	150	150
Tack	226	226
Full Welding No.1	651	72
Full Welding No.2	447	59
Total	**1,474**	**507**

6.1 การคำนวณ Cycle Time เทียบกับ Takt Time หลังจากปรับปรุง

จากตารางเปรียบเทียบรอบการทำงานหลังจากเปลี่ยนมาใช้ระบบ PLC แล้ว จะลองนำมาคำนวณเพื่อพิสูจน์เวลาที่แต่ละกระบวนการในไลน์การผลิตฯ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละสถานีงาน (Cycle Time) โดยอ้างอิงข้อมูลเวลาจริงที่แต่ละกระบวนการสามารถทำได้ (Takt Time) ดังนี้ โรงงานผลิตฯ แห่งนี้มีการแบ่งการทำงานเป็น 2 กะ กะละ 12 ชั่งโมง หรือเท่ากับ 1440 นาที ต่อวัน ในแต่ละกะจะมีช่วงเวลาพัก 110 นาที, ประชุม 30 นาที, บำรุงเครื่องจักร 30 นาที ดังนั้นจะได้เวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งวันเท่ากับ 1440 - (110X2) - (30X2) - (30X2) = 1100 นาที

ลูกค้าต้องการชิ้นงาน (แชสซีส์) จำนวน 500 คัน / วัน

ดังนั้น Takt Time = 1100 / 500

= 2.2 นาที / คัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในการทำงานจริงๆนั้น อาจจะมีเหตุการณ์ที่เราไม่คาดคิดเช่น เครื่องจักรเกิดหยุดกระทันหัน พนักงานทำงานผิดพลาด หรือเหตุฉุกเฉินต่างๆที่ทำให้ตัวเลขเวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งวันยิ่งลดน้อยลงไปอีก ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาตรงนี้เราจะใส่ค่าเผื่อไว้ประมาณ 10% ของค่า Takt time

ดังนั้น Takt Time ในการทำงานจริง = 2.2 + (10% X 2.2)

= 2.42 นาที / คัน

จากค่า Takt Time ที่ได้ คือ 2.42 นาที / คัน หมายความว่าการผลิตฯที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ 500 คัน / วัน ได้จะต้องผลิตฯออกมาให้ได้ 1 คันในทุกๆ 2.42 นาที

โรงงานผลิตฯ แห่งนี้ มีกระบวนการผลิตทั้งสิ้น 4 กระบวนการ ซึ่งแต่ละกระบวนการมี Cycle time ดังนี้ (หลังจากปรับปรุง)

สถานีที่ 1) Inner Station = 2.5 นาที

สถานีที่ 2) Tack Station = 3.77 นาที

สถานีที่ 3) Full Welding No.1 = 1.2 นาที (ก่อนปรับปรุงใช้เวลา 10.55 นาที)

สถานีที่ 4) Full Welding No.2 = 0.98 นาที (ก่อนปรับปรุงใช้เวลา 7.45 นาที)

จะเห็นว่ากระบวนการในสถานีที่ 3 และ 4 หลังจากปรับปรุงไลน์การผลิตฯมาใช้ระบบควบคุมโดย PLC และใช้ Arc Welding Robot เชื่อมแทนแรงงานคน สามารถลด Cycle Time ลงได้จริง เพราะ Cycle time สถานีที่ 3 และ 4 ต่ำกว่าค่า Takt time ตามขอบเขตการวิจัยที่ได้ตั้งไว้

6.2 บทสรุปด้านคุณภาพชิ้นงาน

สำหรับบทสรุปทางด้านคุณภาพของแชสซีส์นั้น เนื่องจากทางบริษัทฯตั้งเป้าหมายในการส่งชิ้นงานให้ลูกค้านั้นจะต้องมีงานเสีย (NG.) น้อยกว่า 2 ppm. ตลอดช่วงเวลาที่ผลิตแชสซีส์ ซึ่งจากข้อมูลการส่งแชสซีส์ให้กับลูกค้าจะมีงานเสียหรืองานที่ลูกค้าเคลมกลับมาน้อยมากๆ จากข้อมูลยอดการผลิตและส่งมอบงาน มีลูกค้าส่งกลับมาเคลมเพียง 3 คันเท่านั้น ซึ่งปัญหาที่ถูกเคลม คือ มีสะเก็ดเชื่อมไปอุดรูร้อยน๊อต ซึ่งทางลูกค้าไม่สามารถใส่ Component Small Part เข้าไปที่ตัวแชสซีส์ได้ ส่วนเรื่องการตรวจสอบรับประกันคุณภาพไม่มีปัญหาที่ทางลูกค้าเคลมมาเลย รายละเอียดการตรวจสอบรับประกันคุณภาพชิ้นงาน ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนในการตรวจสอบรับประกันคุณภาพชิ้นงานอย่างละเอียด โดยมีการสุ่มเช็ค Accuracy โดยใช้ C/F JIG โดยตรวจสอบ 2 คัน / 1 กะ รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

7.2.1 Critical Point = 110 Point Target 100% OK

7.2.2 General Point = 328 Point Target 98% OK

7.2.3 All Point = 438 Point Target 98% OK

7.2.4 Cut check in safety point 1 คัน / วัน (2 กะ)

7.2.5 Cut check 100% (All point) 1 คัน / สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : Cut Check ใช้วิธีการตัดตามจุดที่กำหนดนำไปเผาไฟแล้วส่องกล้องวัดค่าต่างๆตาม STD ควบคุมงานเชื่อม

6.3 ข้อเสนอแนะ

1. การปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติของไลน์การผลิตโครงช่วงล่าง (Chassis: แชสซี) ของรถกระบะขนาดหนึ่งตัน โดยใช้ PLC นั้นยังไม่ได้นำเอา Touch Screen มาใช้งาน จึงทำให้สิ้นเปลืองอุปกรณ์จำพวกสวิทซ์หน้าตู้เป็นจำนวนมาก และยังทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ในการออกแบบตู้เมนต์ควบคุม (Main Control Panel)
2. ขั้นตอนของระบบเครือข่ายยังไม่ได้นำระบบ CC-Link Networks มาใช้ จึงทำให้มีจำนวน Terminal Box จำนวนมาก ซึ่งอาจจะทำให้การบำรุงรักษาค่อนข้างยุ่งยาก เพราะมีจุดต่อสายไฟเป็นจำนวนมาก
3. การควบคุมยังไม่เป็นโครงข่าย จึงทำให้เวลาเกิดความเสียหายขึ้นที่กระบวนการผลิตไม่ว่าจะเป็นที่สถานีไหนก็ตาม ค่อนข้างหาสาเหตุได้ยาก และเสียเวลามากในการซ่อมบำรุงไลน์การผลิตฯ
4. จากการทดสอบรอบการทำงาน (Cycle Time) จะพบว่ายังมีปัญหาที่ สถานีการผลิตที่ 1) Inner Station และ สถานีที่ 2) Tack Station ที่ Cycle Time ยังเกินค่า Takt Timeอยู่ จึงทำให้เกิดภาวะคอขวด (Bottle neck) และจะส่งผลให้การผลิตไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ 500 คัน / วันได้ จึงเป็นปัญหาที่จะต้องแก้ไขในคราวต่อไป
5. หลังจากการปรับปรุงฯไลน์โครงช่วงล่างของรถกระบะ 1 ตัน สามารถลดรอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) ของ สถานีที่ 3) Full Welding No.1 และ สถานีที่ 4) Full Welding No.2 ได้จริง บังเกิดประสิทธิผลเป็นที่น่าพอใจ จึงมีแนวคิดที่จะขยายผลเพื่อปรับปรุงการควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ PLC ในไลน์ Cross Member Assembly, Reforming Machine Line และ EDP Line ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.), มาตรฐานการออกแบบและติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยพ.ศ.2556.

[2] Mitsubishi Co.,Ltd. , Programmable Logic Controller Training Manual, MELSECNET/H course (A-Series), September 2013.

[3] Introduction to Programmable Logic Controllers, The Mitsubishi, John Ridley, No.3, August 2010.

[4] Manual Operation and Introduction to Omron Programmable Logic Controllers, Omron Electronic Co.,Ltd., No.1, October 2007.

[5] Maria G. Ioannides, “Design and Implementation of PLC Based Monitoring Control System for Induction Motor,” IEEE TRANS. ON ENERGY CONVERSION, VOL.19, NO.3, September 2004.

[6] Programmable Logic Controllers Industrial Khaled Kamel, Eman Kamel, "Programmable Logic Controllers Industrial Control" A Complete, Hands-on Guide to Programmable Logic Controllers 2013.

[7] Programmable Logic Controllers : An Emphasis on Design and Application, 2010. Kevin T. Erickson. Text Book.

[8] Robotics and Industrial Automation, Er. R.K. RAJPUT, S.CHAND, First Edition, 2013.

[9] Krisada Visavateeranon. Automation Arc Welding Robot, Technology, (October - November) 1994 Year 21 Issue 117

[10] Howard B. Cary. Arc Welding Automation, Second Edition, 1995 : 275), Text Book.

[11] DJ Todd Fundamentals of Robot Technology, Second Edition, 1986 : 118), Text Book.

[12] Howard B.Cary. Modern Welding Technology. 4rded. New Jersey : Prenuce-Hall,Inc, 1989.

[13] Howard B. Cary. Arc Welding Robotics and Automation Systems. New York : Marcel Dekker, Inc,1995.

[14] Industrial Robots and Robot System Safety; U.S. Department of Labor, Occupational Safety & Health Administration (OSHA).

[15] Safe Maintenance Guidelines for Robotic Workstations; U.S. Department of Health And Human Service.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[16] Design and Research of Embedded PLC Development System. Dong Yulin, Zheng Chunjiao, College of Electrical Engineering, Liao Ning University of Technology, Jinzhou, China. @2011 IEEE.

[17] Bihui, Cheng Lianghong, Achievement of Soft PLC Control System [J]. Computer Application and Software, 2008, 7 (25): 18.

[18] Wu Xiaoyuan, PLC Program Design Research on Basis of Singlechip [D]. Jiangsu: Jiangsu University, 2007.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ELECTRICAL HARDWIRING DRAWING

SIDE RIAL FULL WELDING (LH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

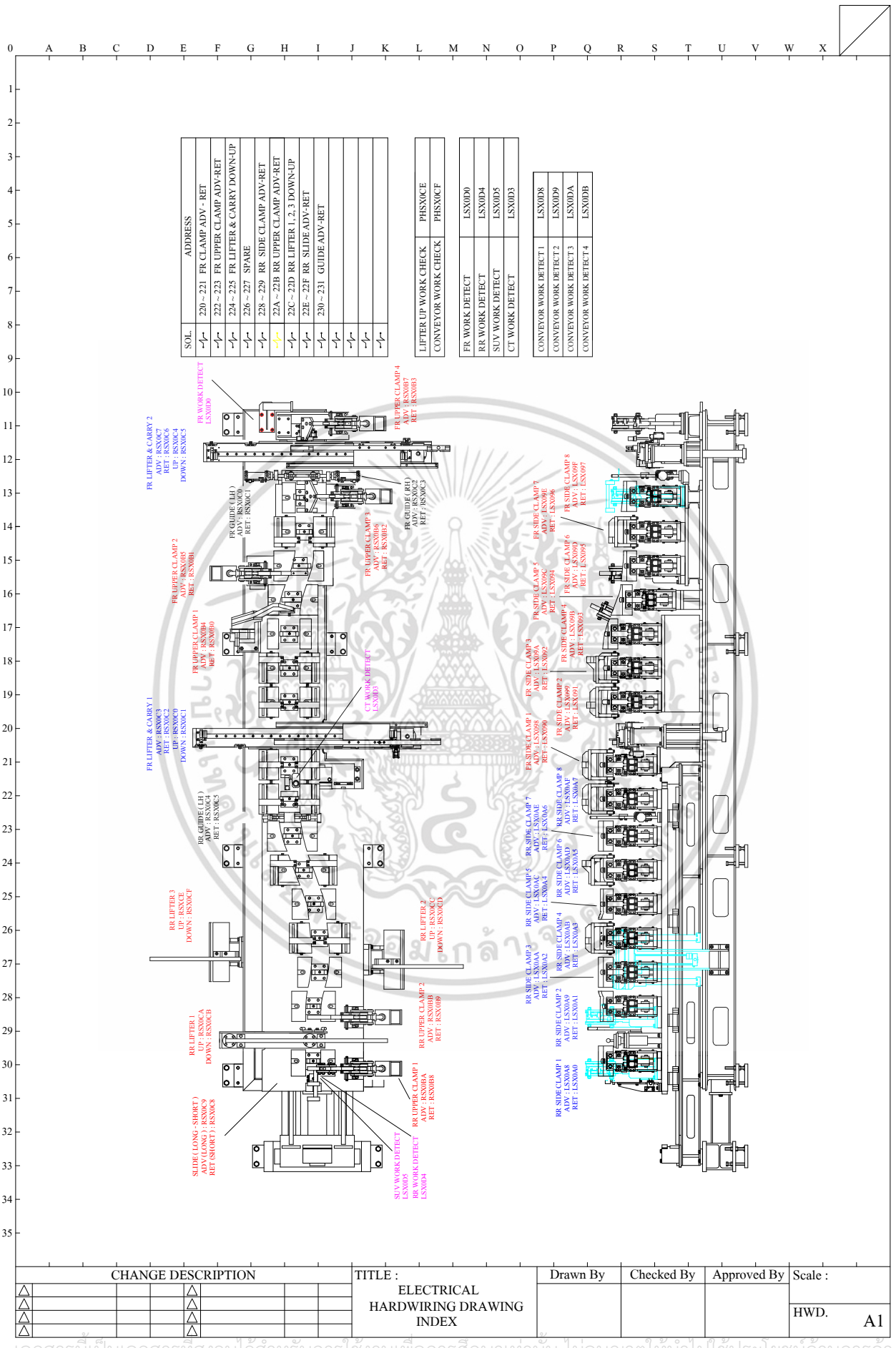
ELECTRICAL HARDWIRING DRAWING

SIDE RAIL FULL WELDING NO.1 (LH)

NO.	PART NAME	DWG. NO.	NUMBERLESS DRW. NO.
1	SENSOR LAYOUT	A1	
2	POWER CIRCUIT	B1-B7	
3	CONTROL CIRCUIT	C1-C4	
4	PLC CONNECTION	D1-D43	
5	ROBOT CONNECTION	E1-E4	
6	BOX LAYOUT	F1	
7	MAIN CONTROL BOX	G1-G14	
8	CONTROL BOX	R1-R4	
9	TERMINAL BOX	S1-S4	
10	NAME PLATE LIST	T1-T3	
11	PART LIST	U1-U11	

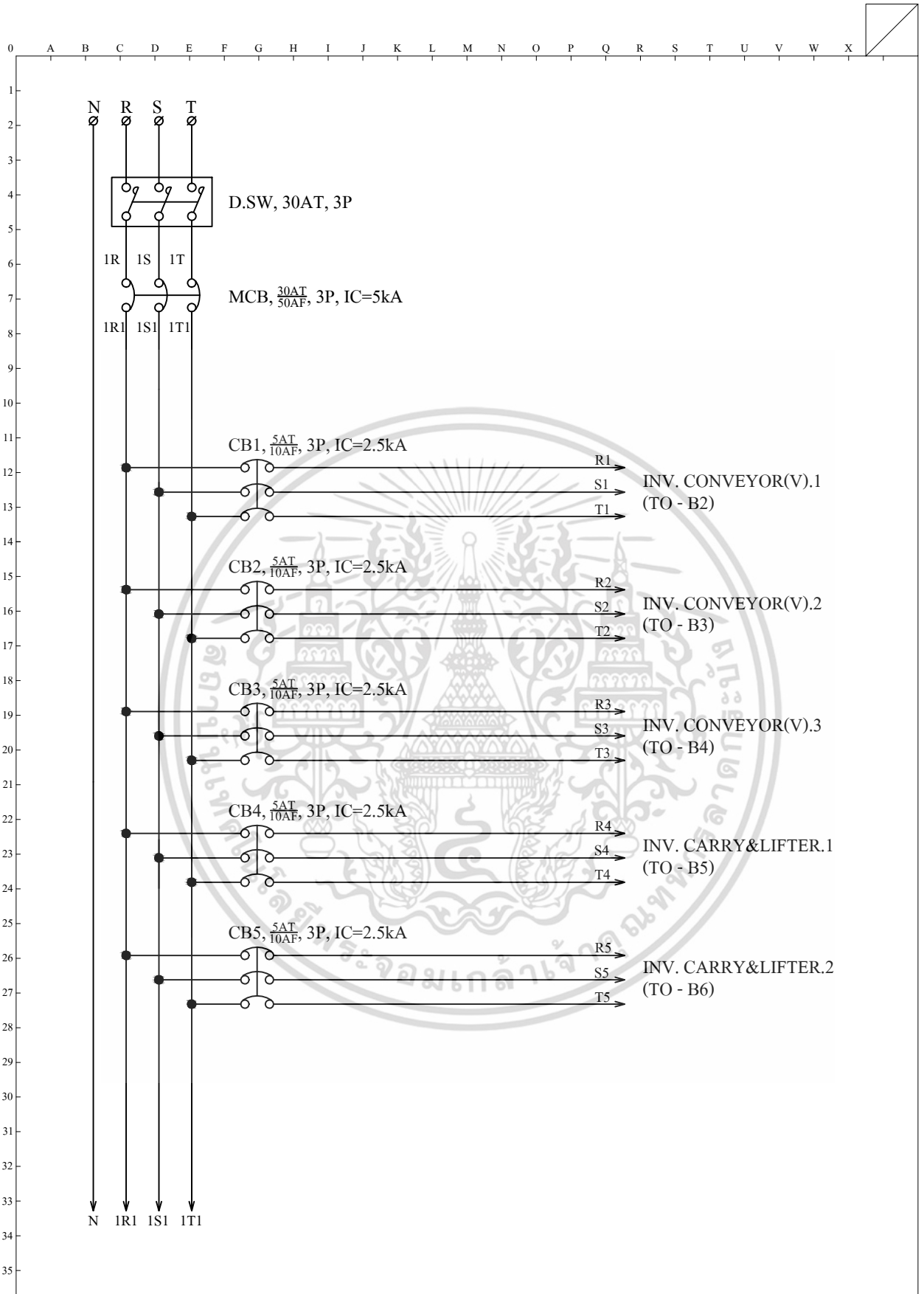
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	ELECTRICAL HARDWIRING DRAWING INDEX				HWD. A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	ELECTRICAL HARDWIRING DRAWING INDEX				HWD. A1

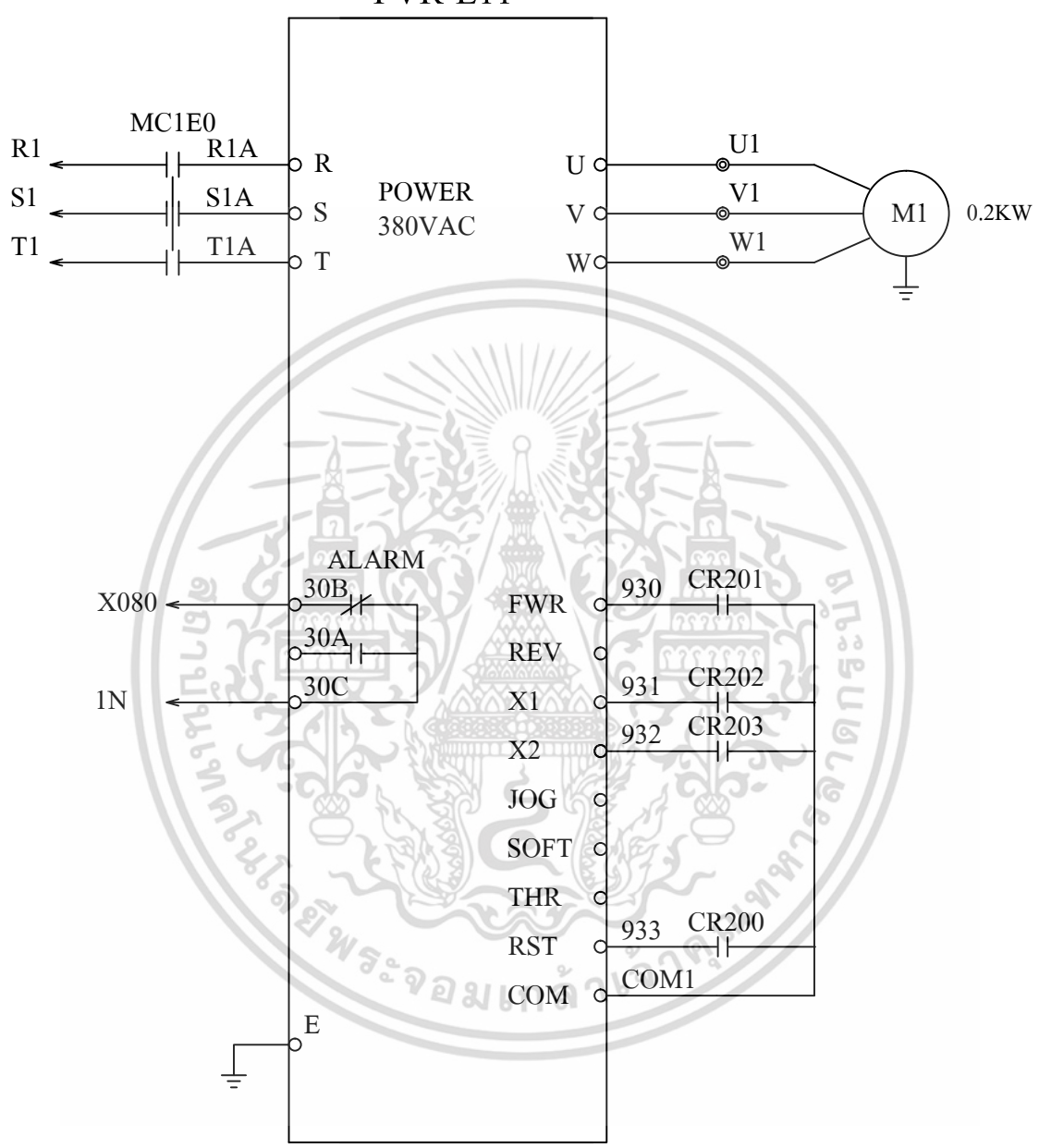
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	POWER CIRCUIT				HWD. B1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

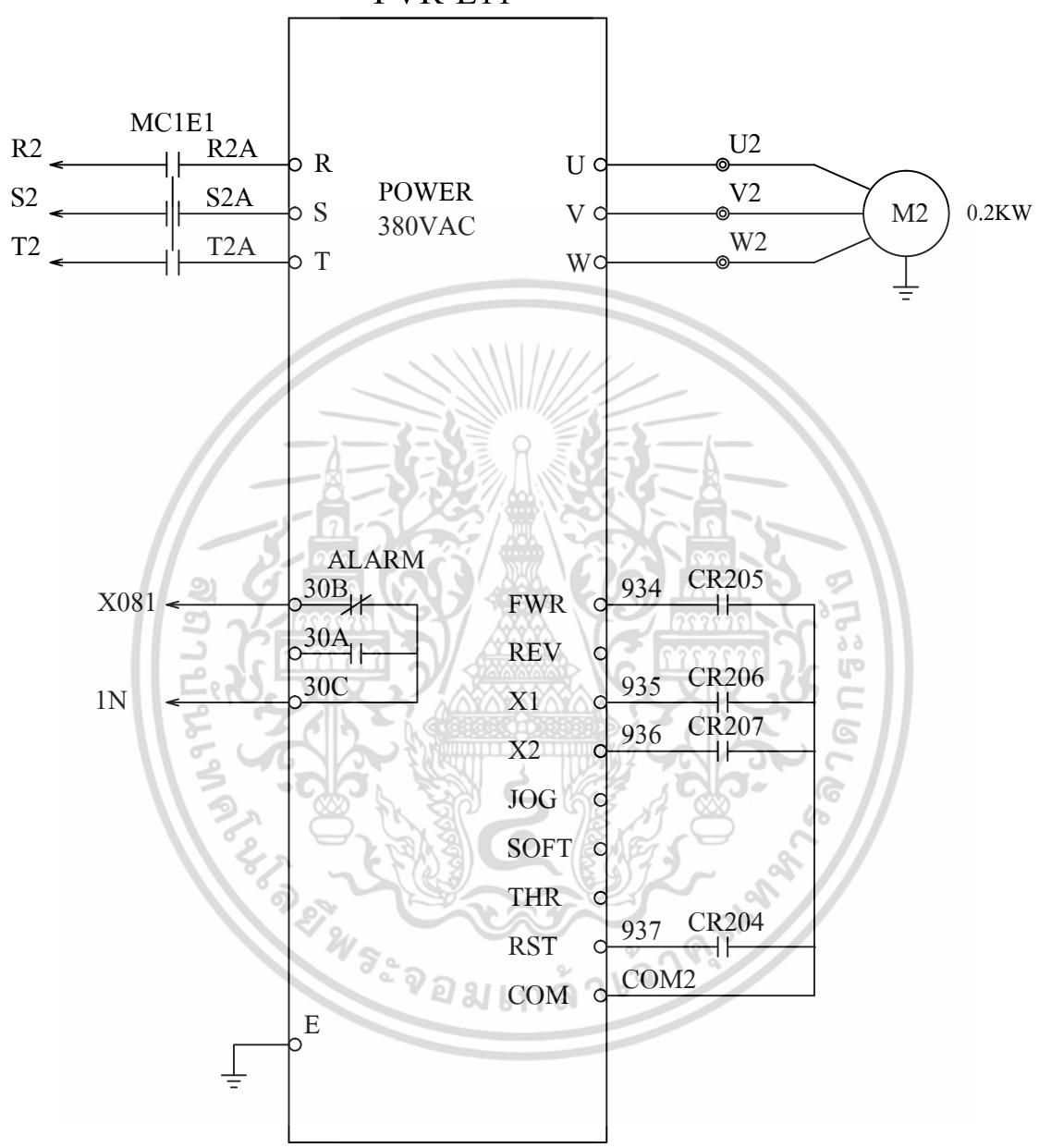
INV. CONVEYOR(V).1



CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	POWER CIRCUIT				HWD. B2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

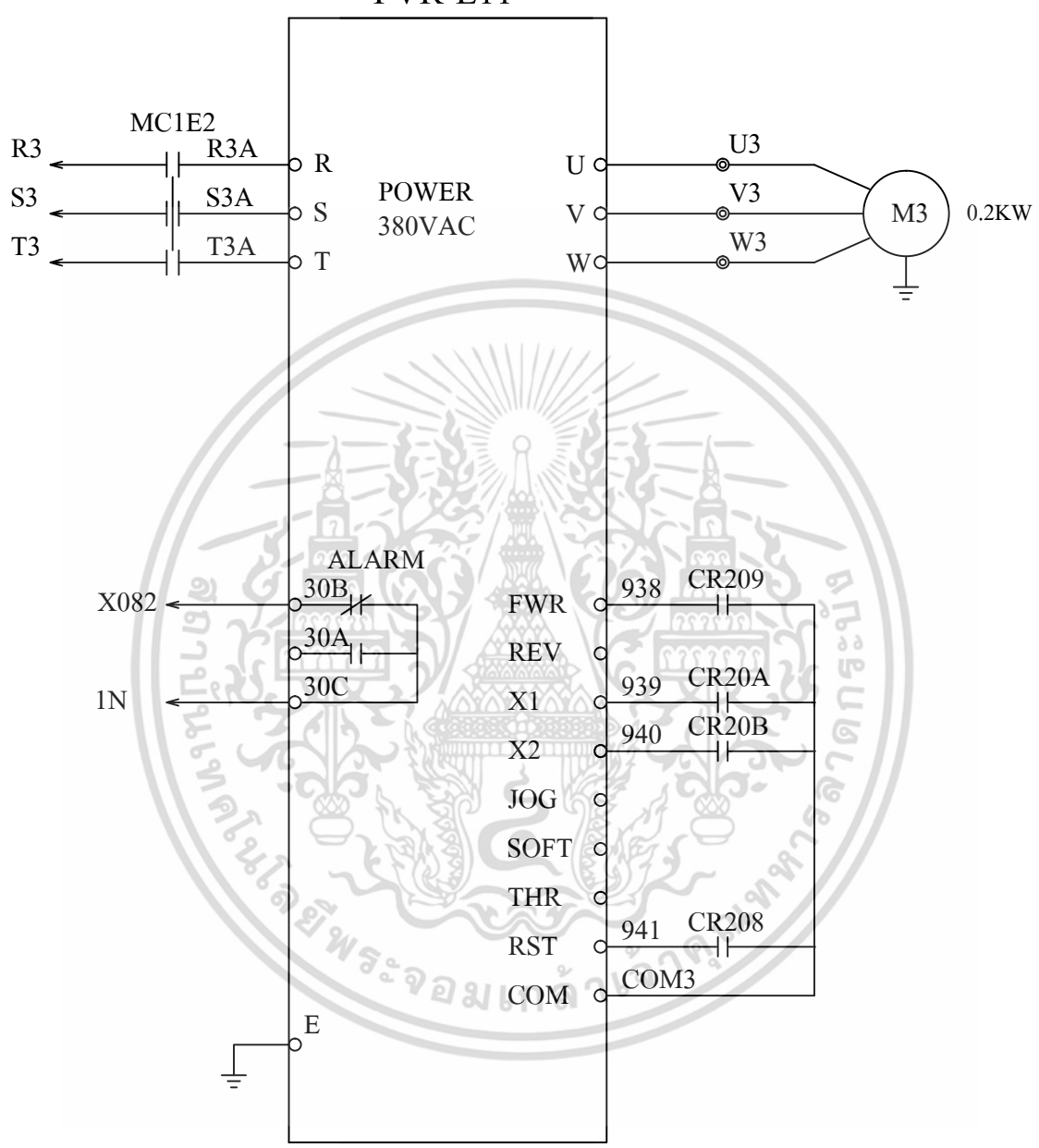
INV. CONVEYOR(V).2



CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	POWER CIRCUIT				HWD. B3

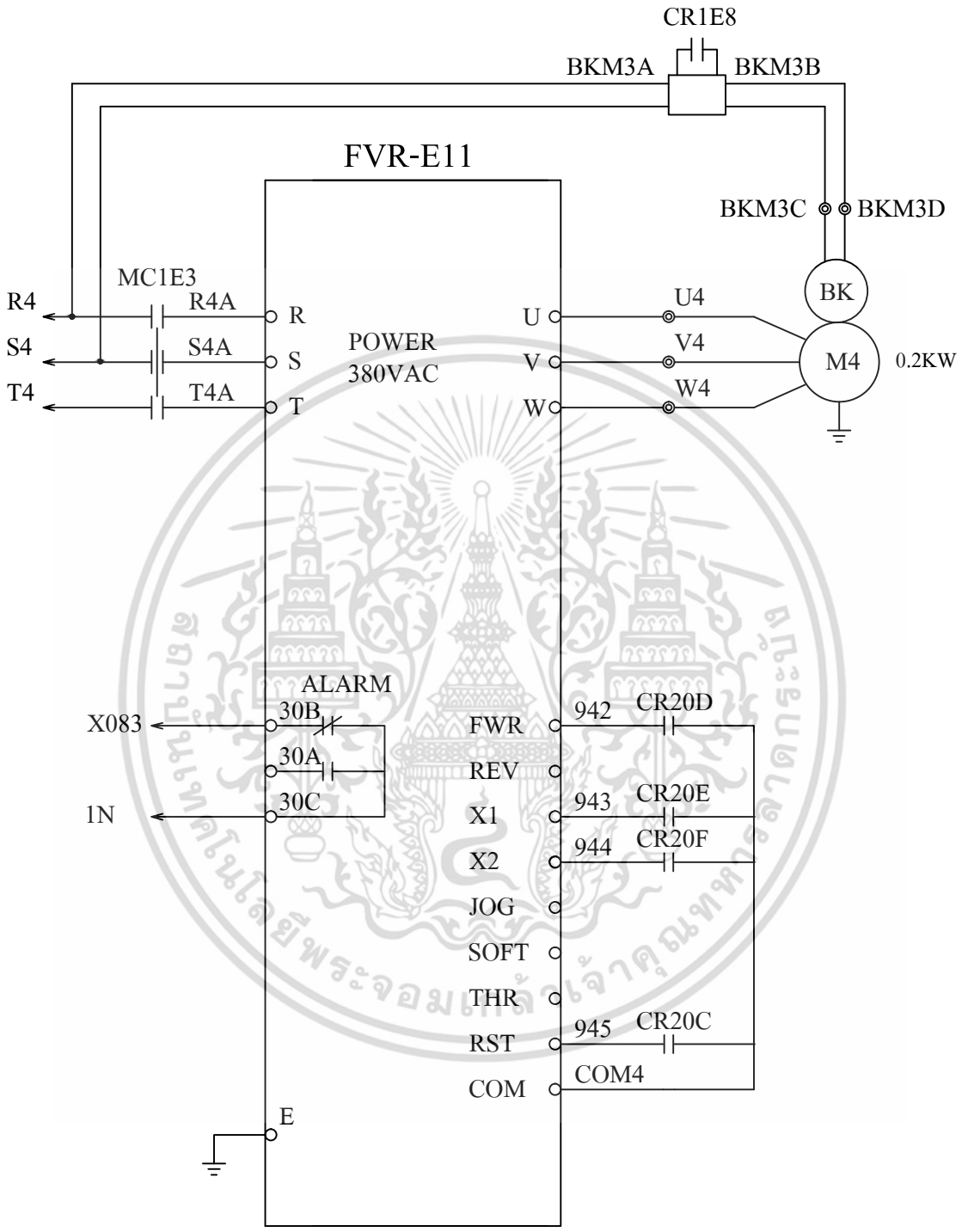
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INV. CONVEYOR(V).3



CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	POWER CIRCUIT				HWD. B4

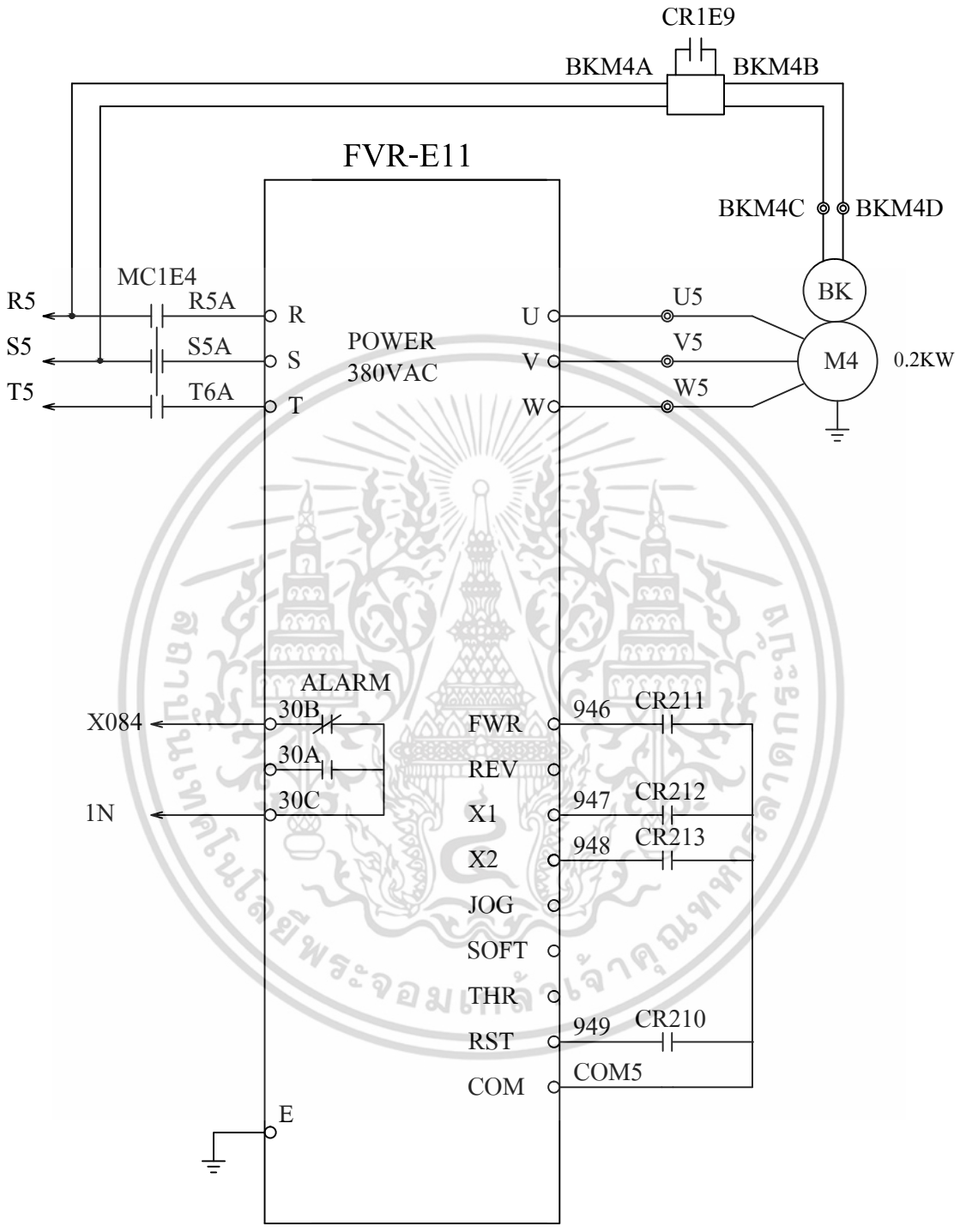
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



INV. CARRY&LIFT.1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	POWER CIRCUIT				HWD. B5

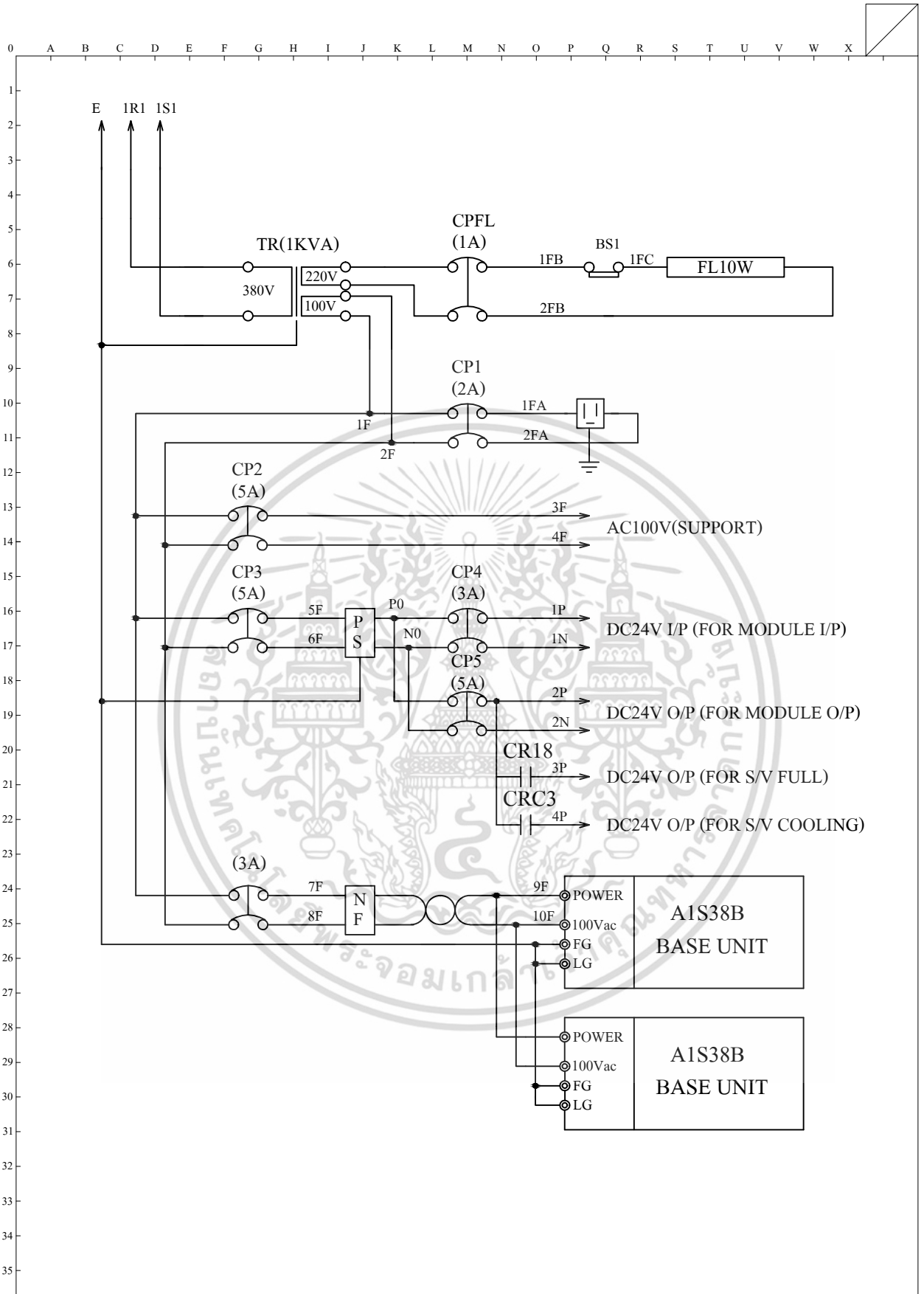
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



INV. CARRY&LIFT.2

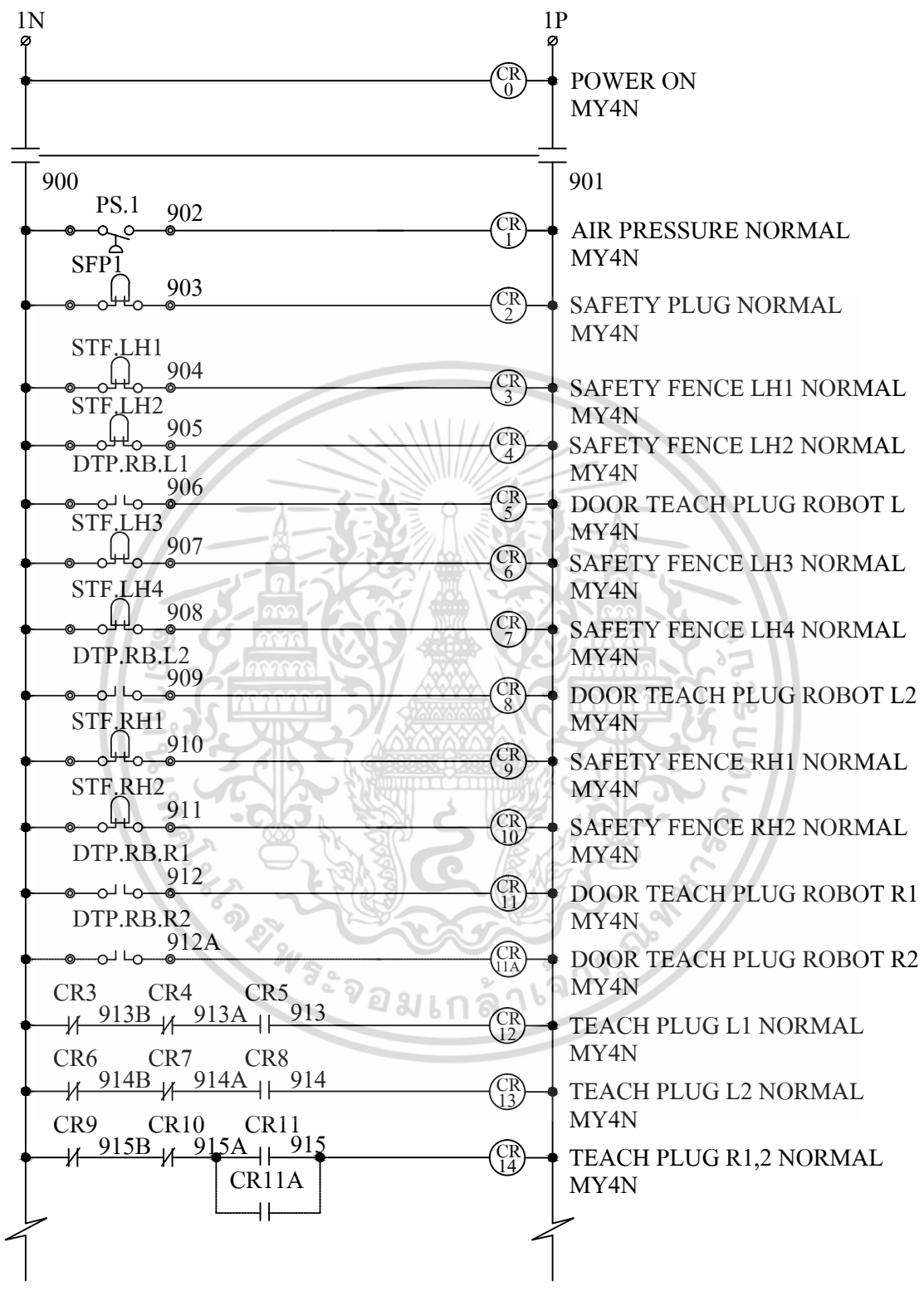
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	POWER CIRCUIT				HWD. B6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



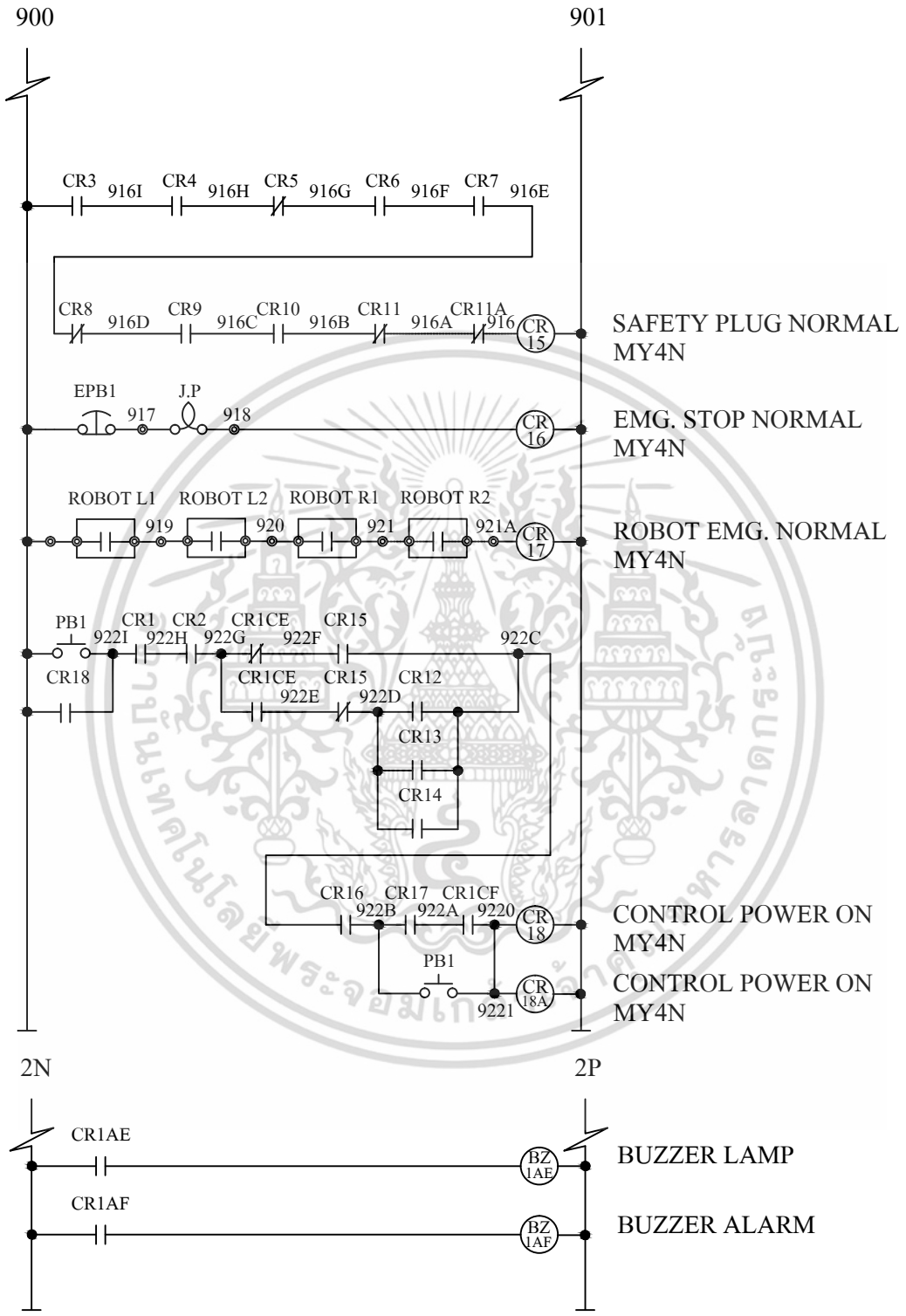
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	POWER CIRCUIT				HWD. B7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



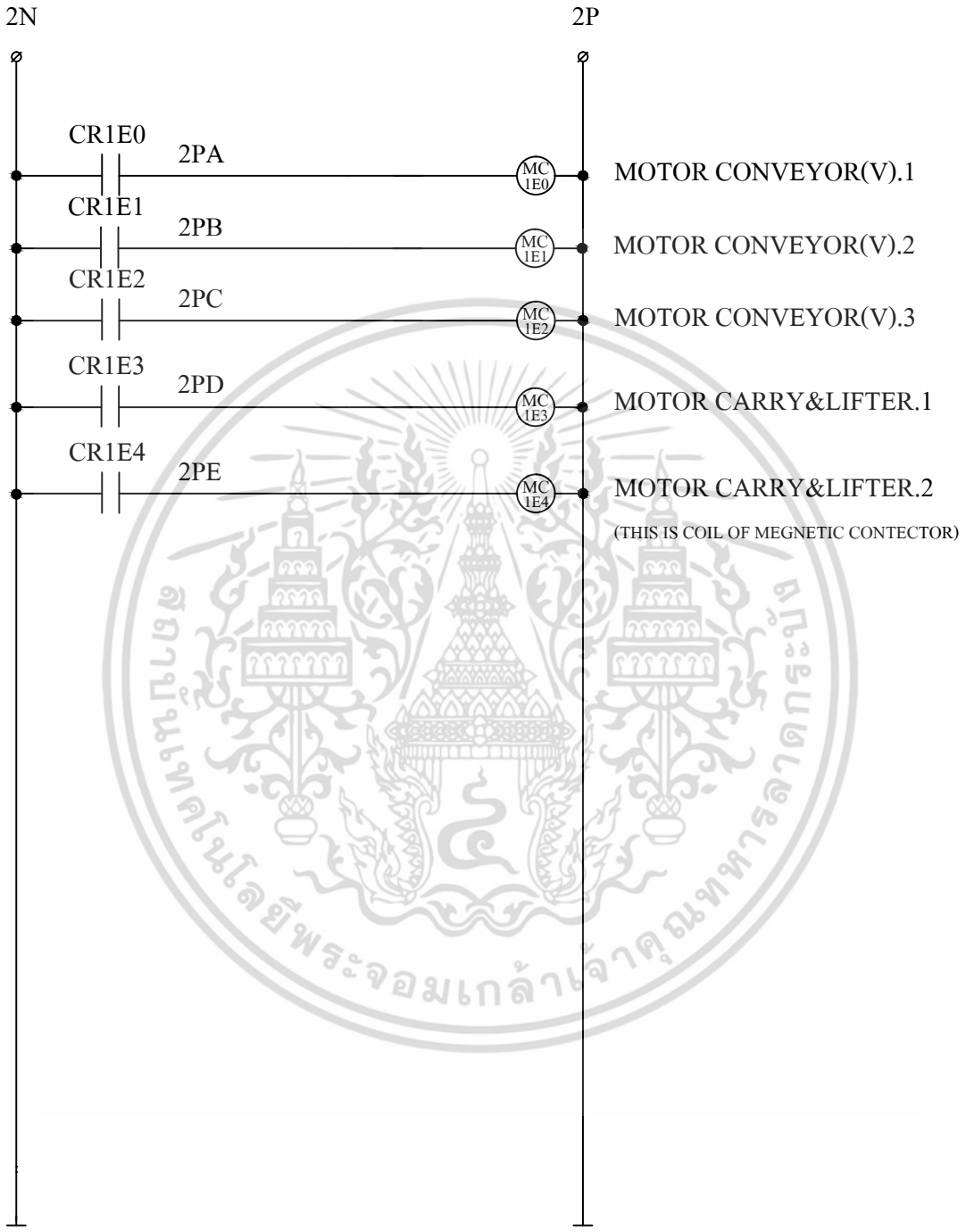
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	CONTROL CIRCUIT				HWD. C1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



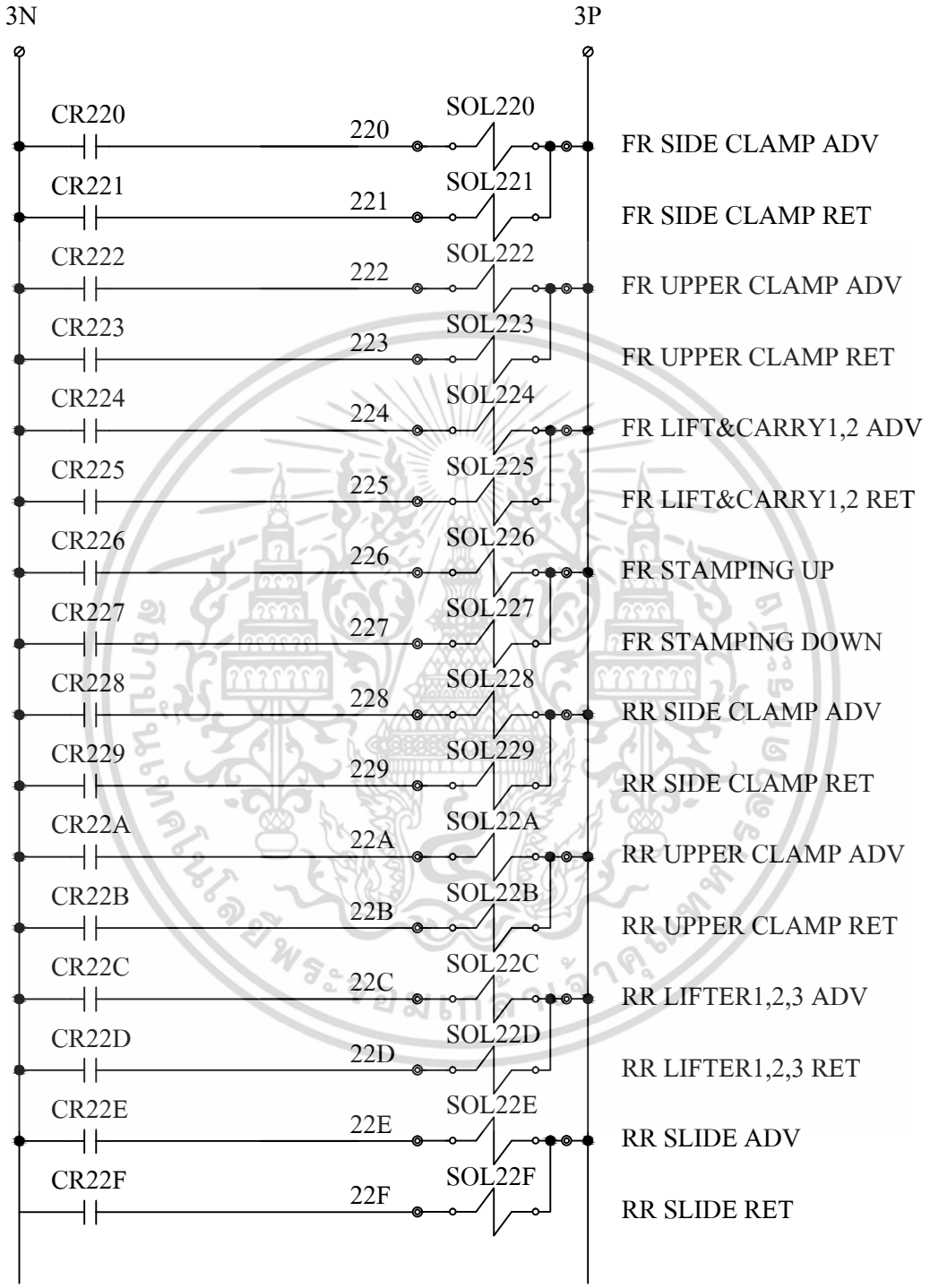
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	CONTROL CIRCUIT				HWD. C2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



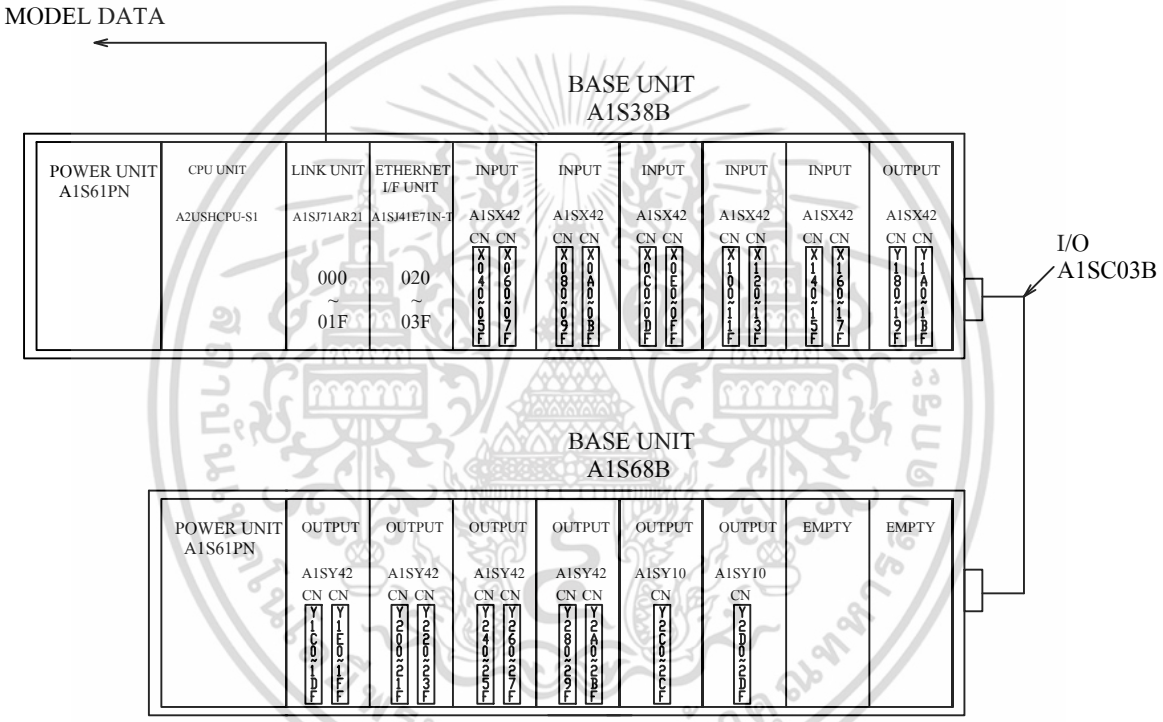
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	CONTROL CIRCUIT				HWD. C3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



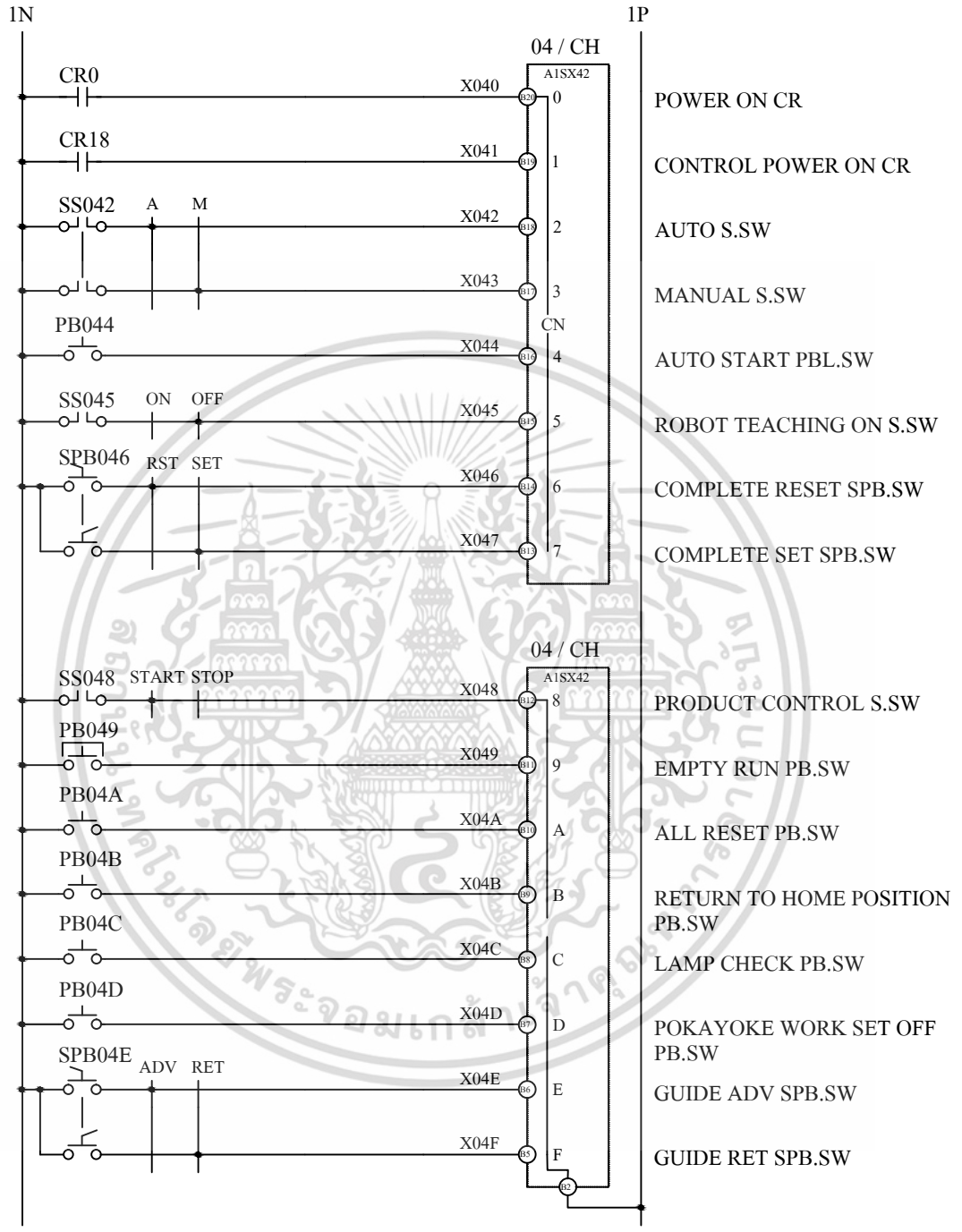
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	CONTROL CIRCUIT				HWD. C4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



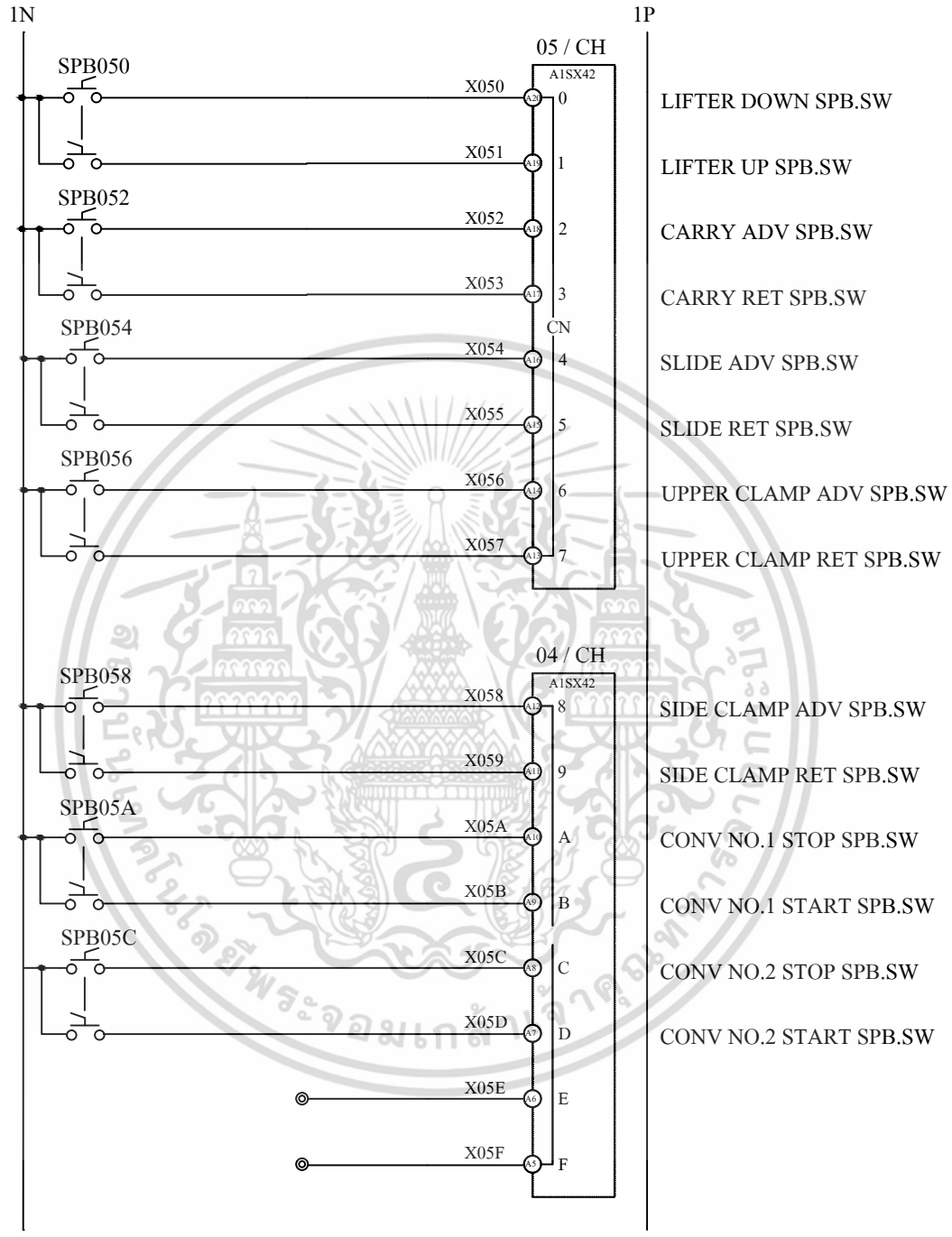
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



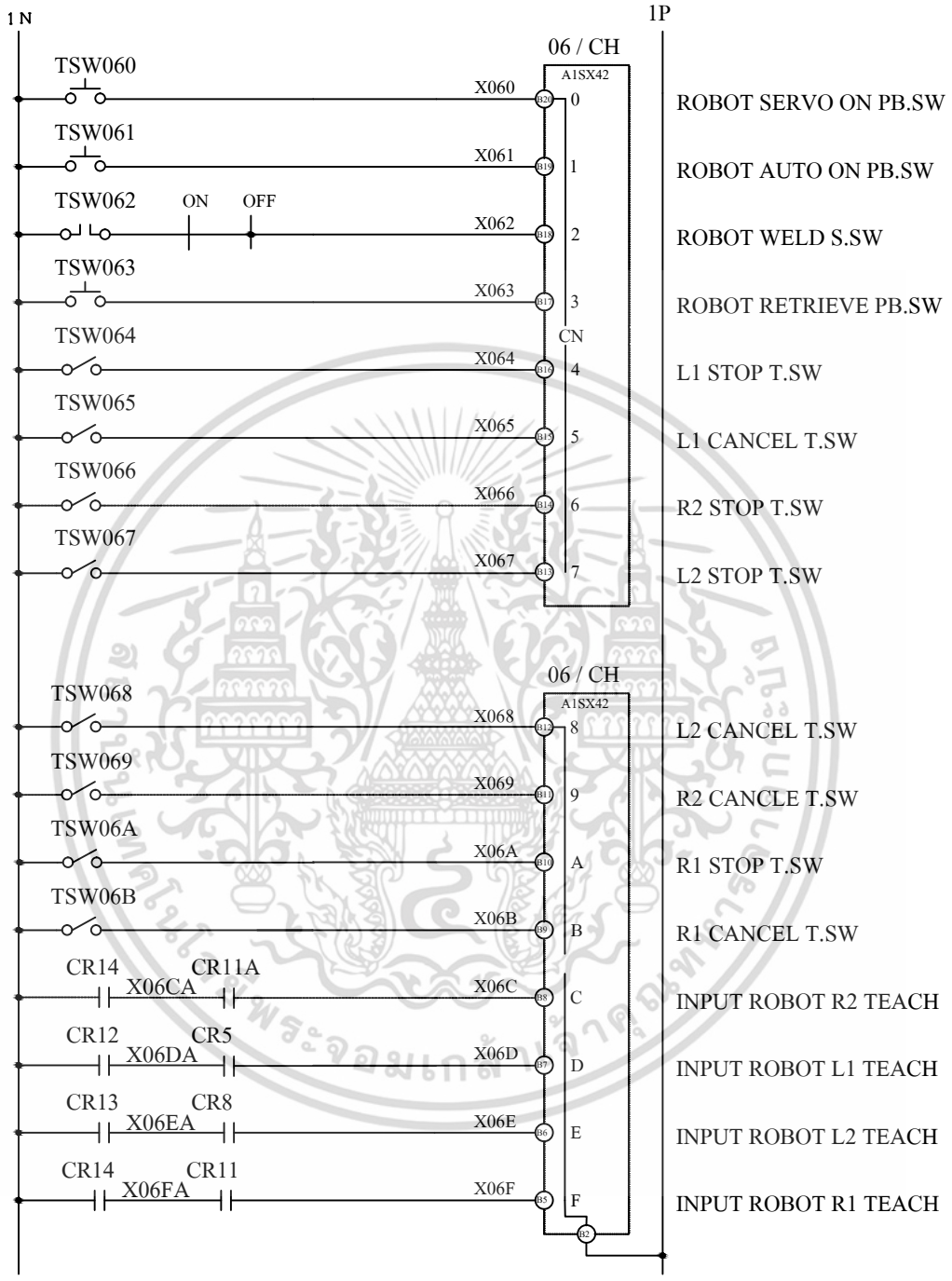
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



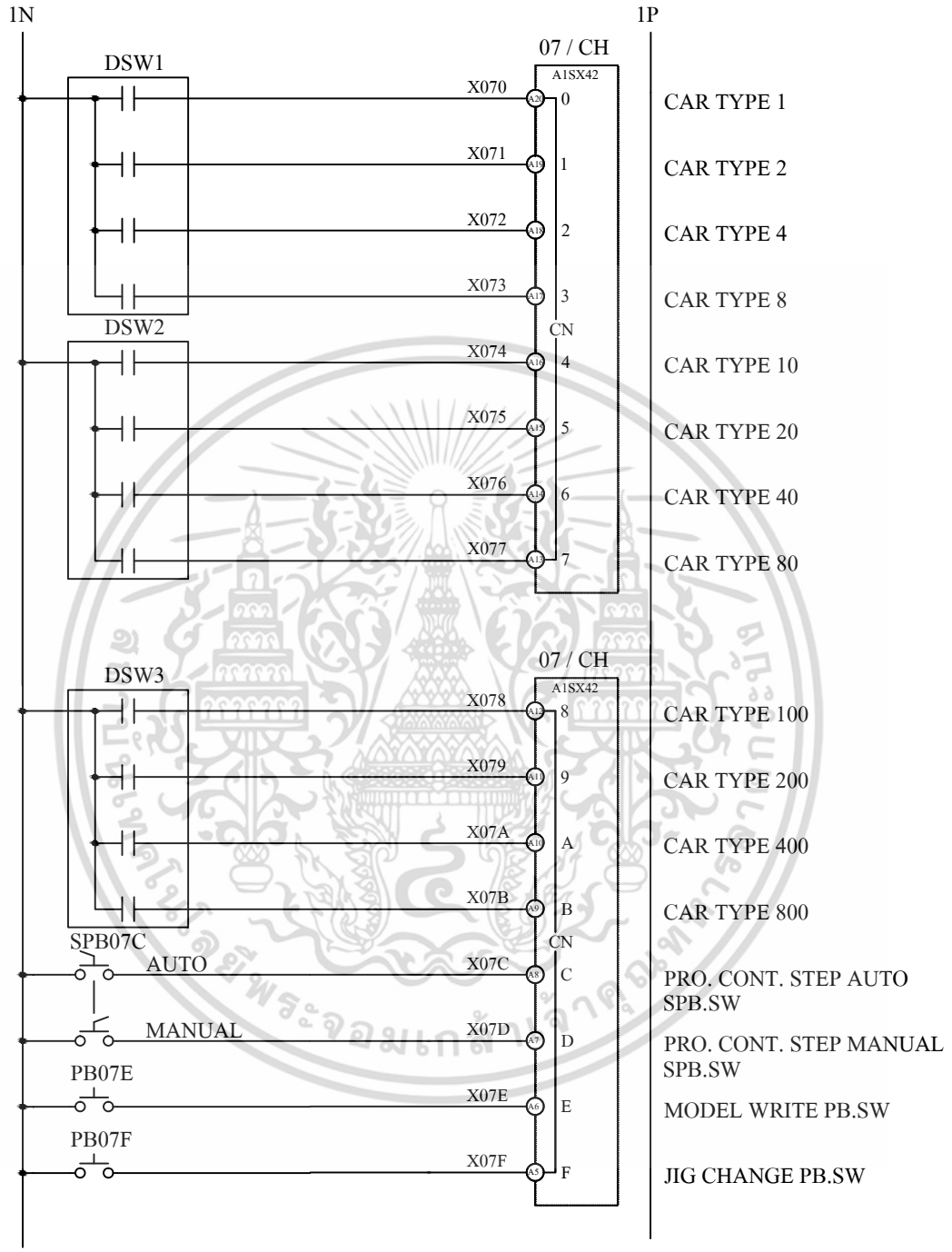
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



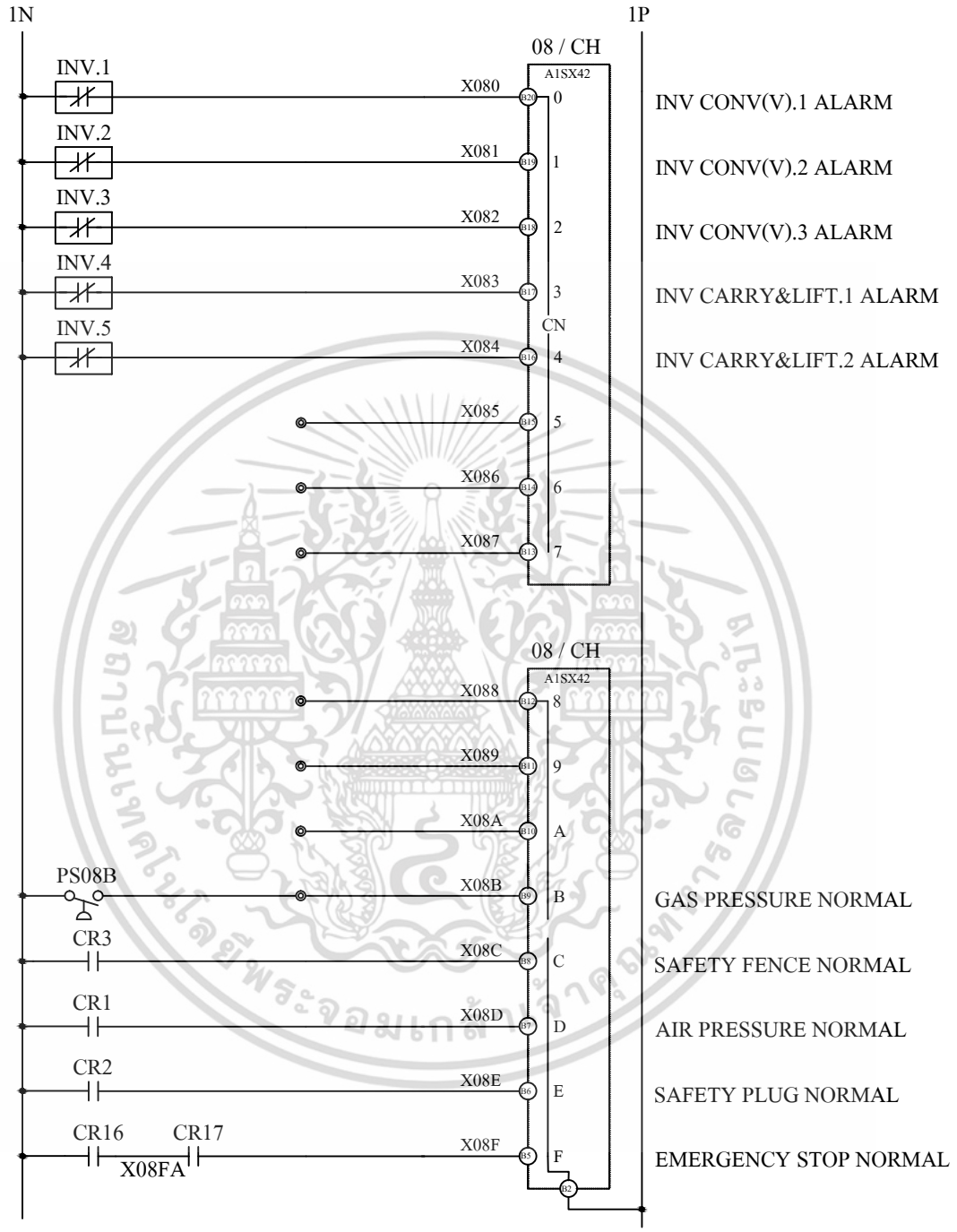
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



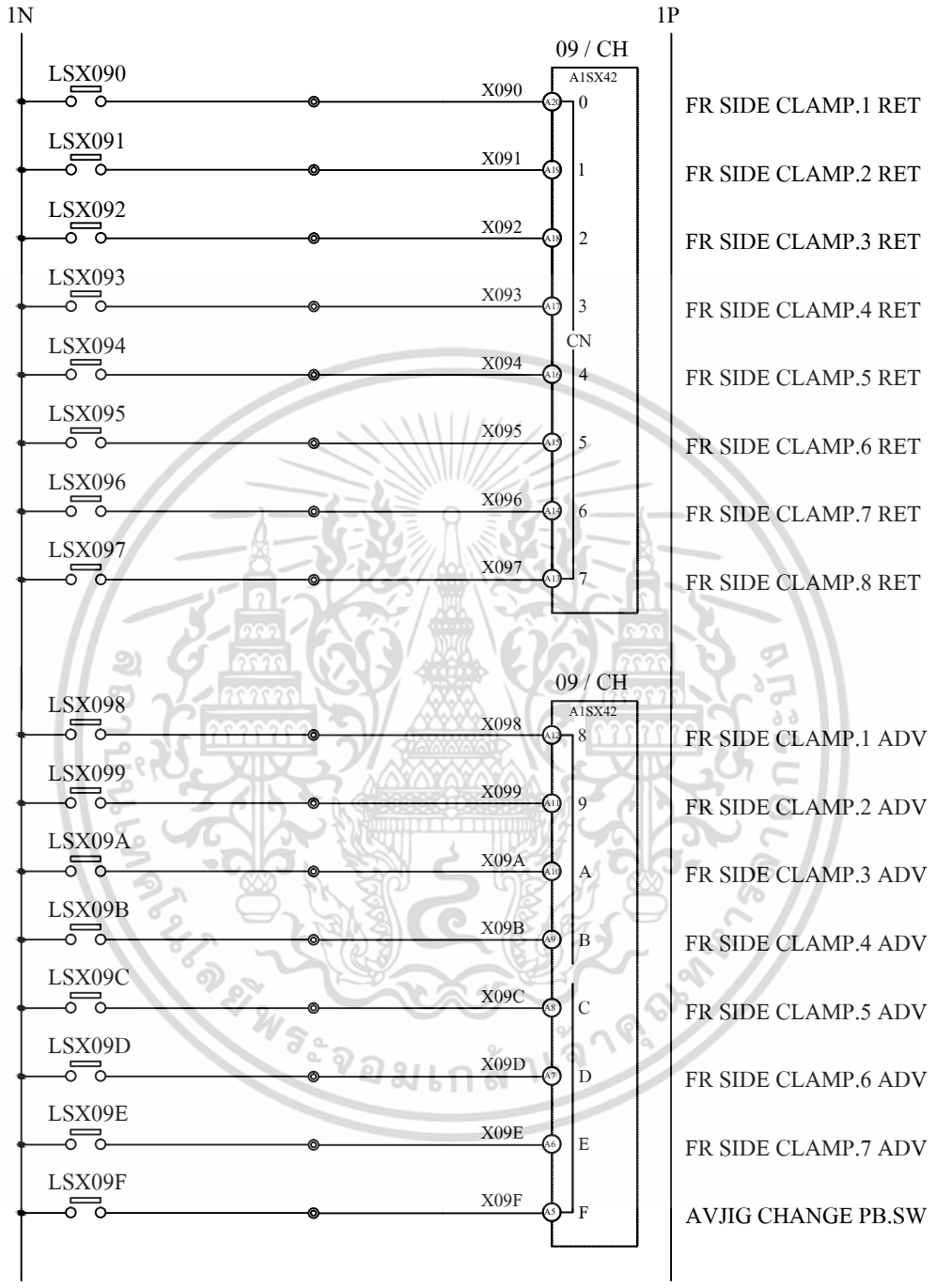
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



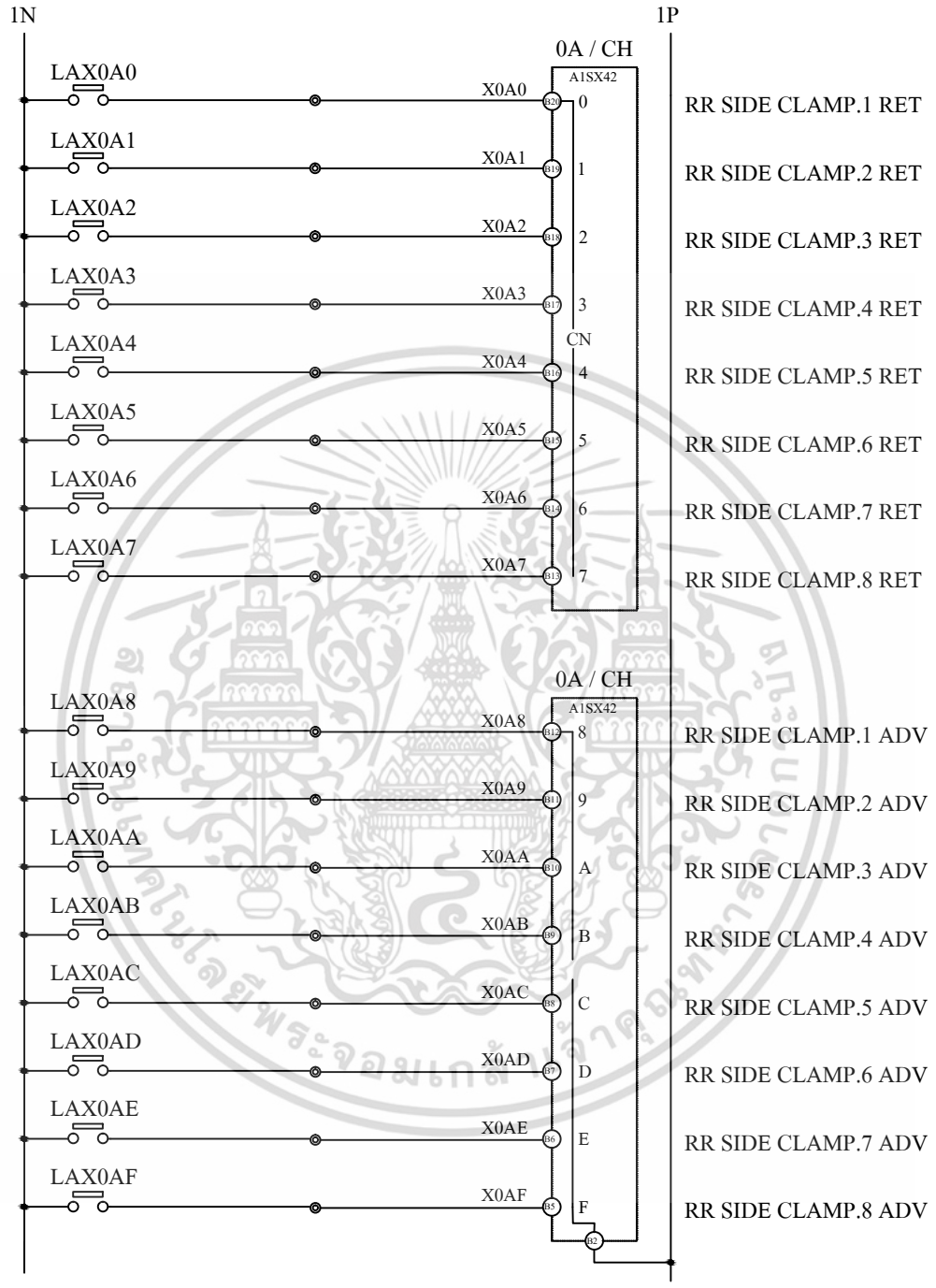
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



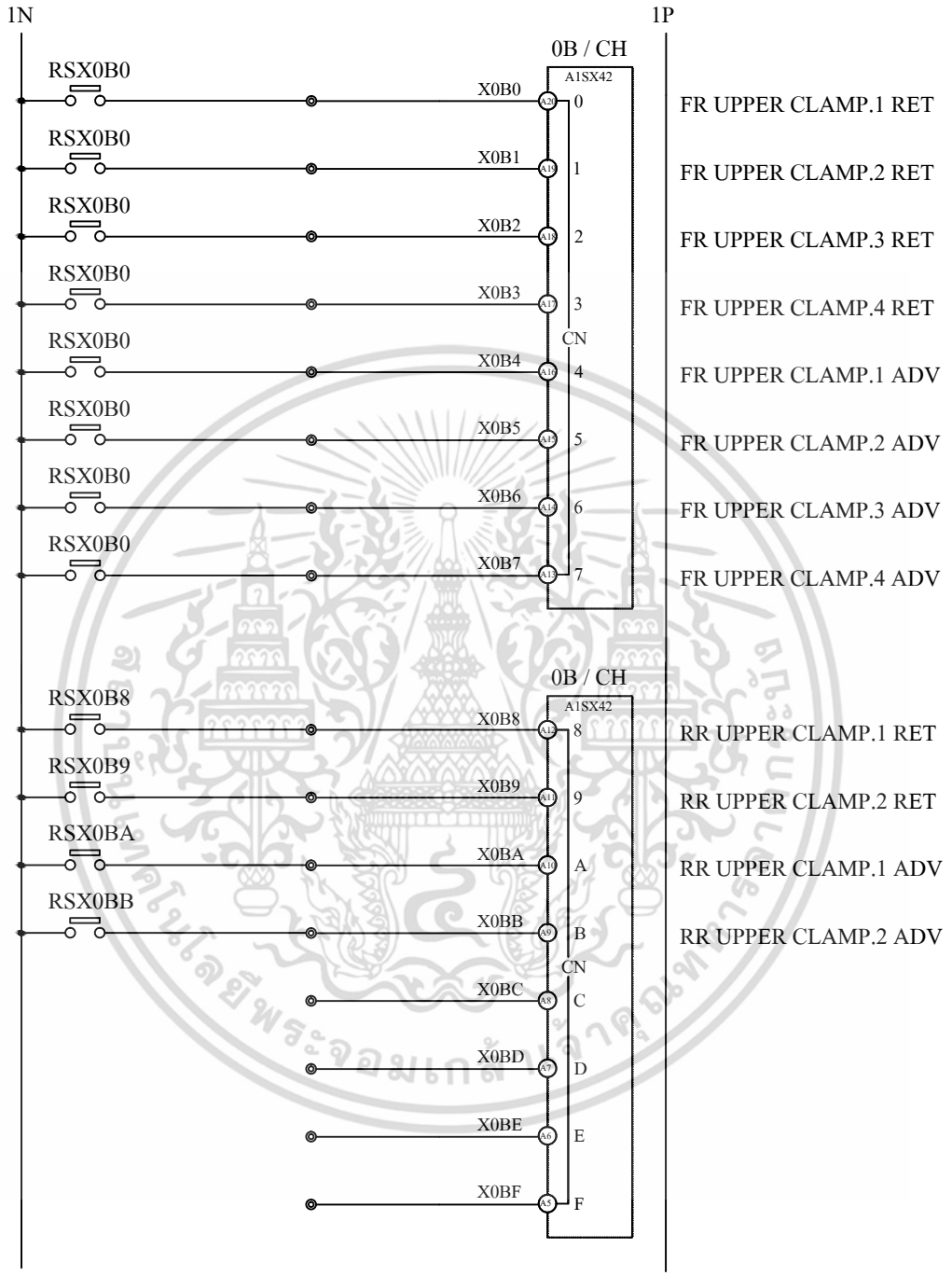
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



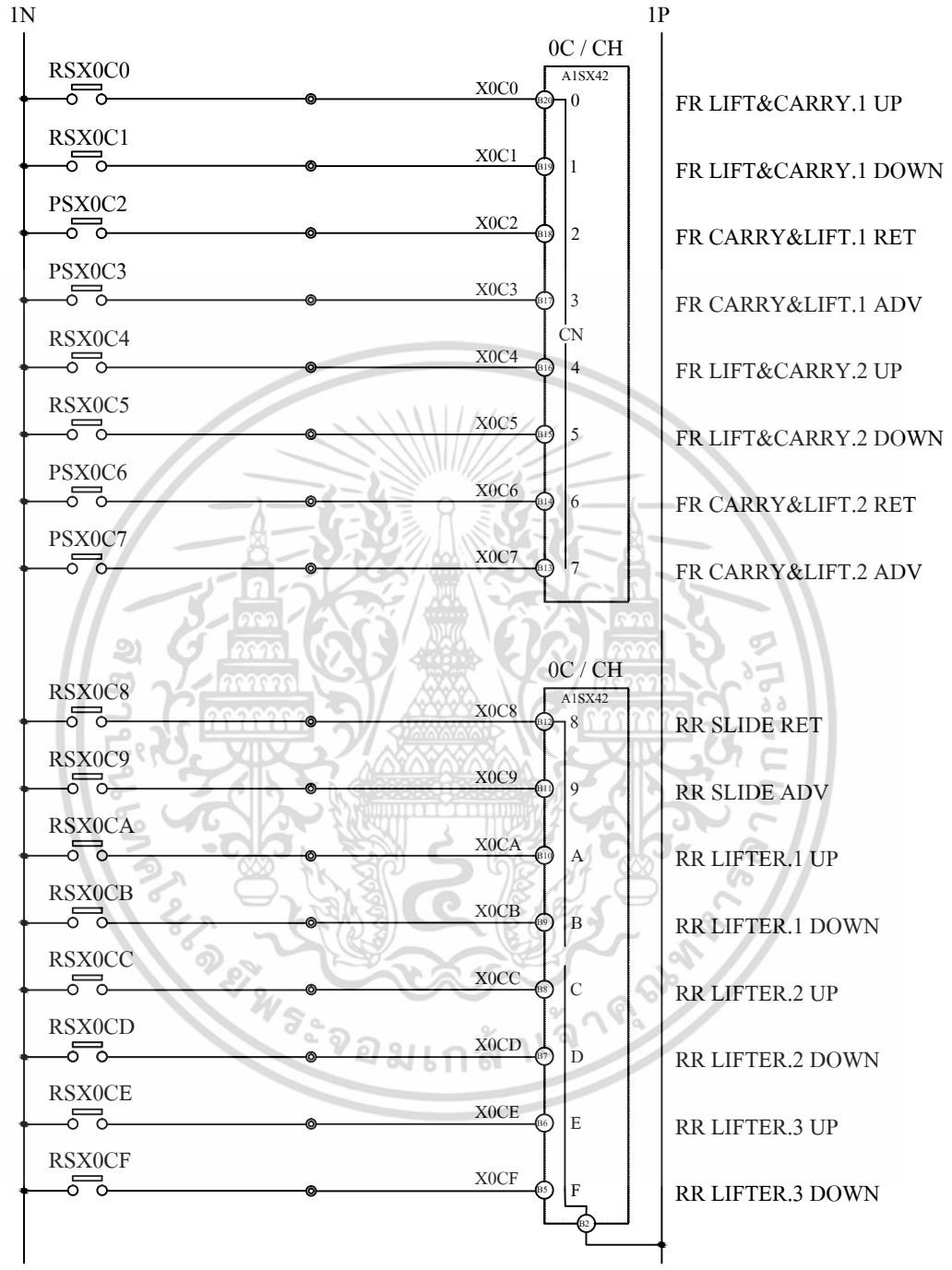
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



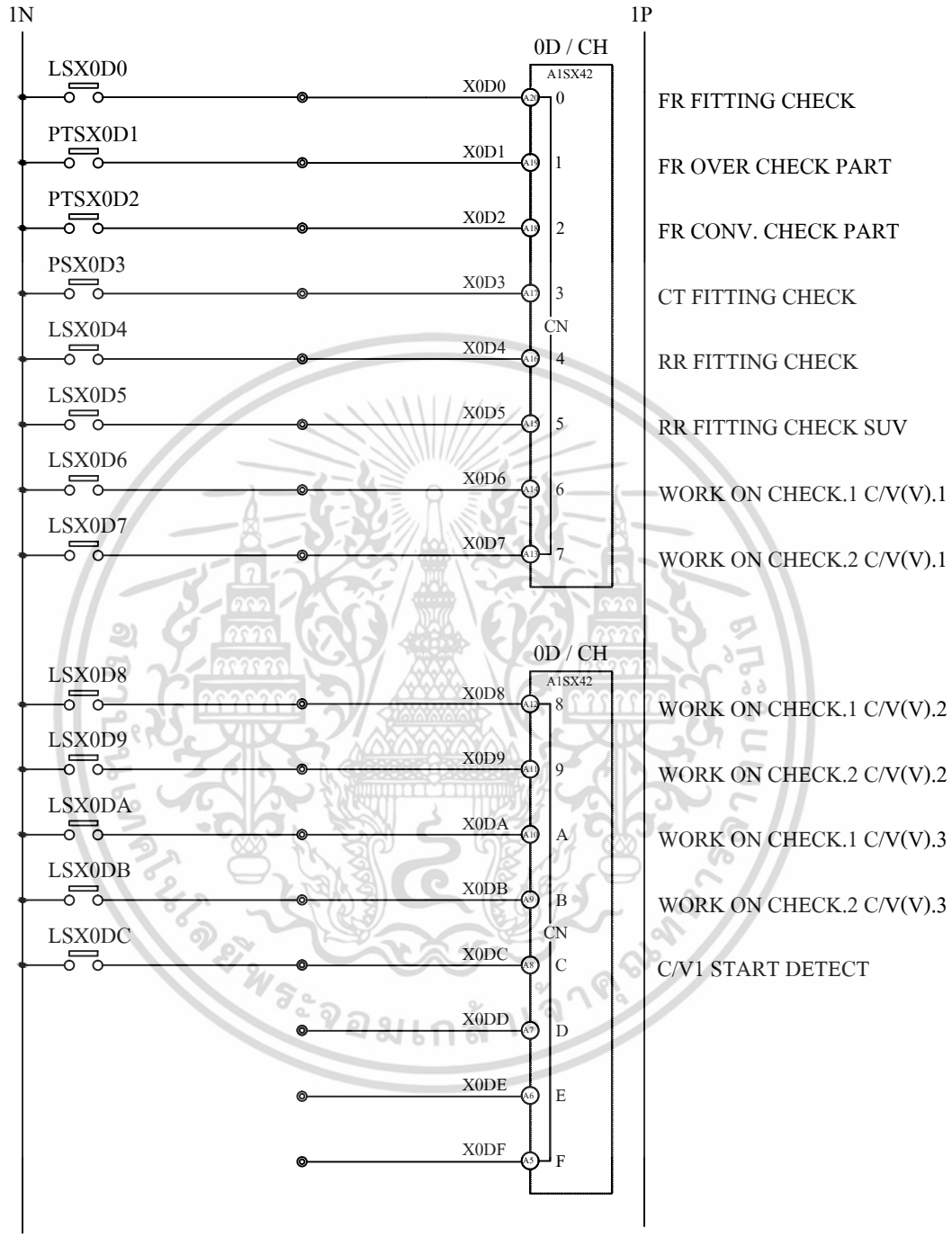
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



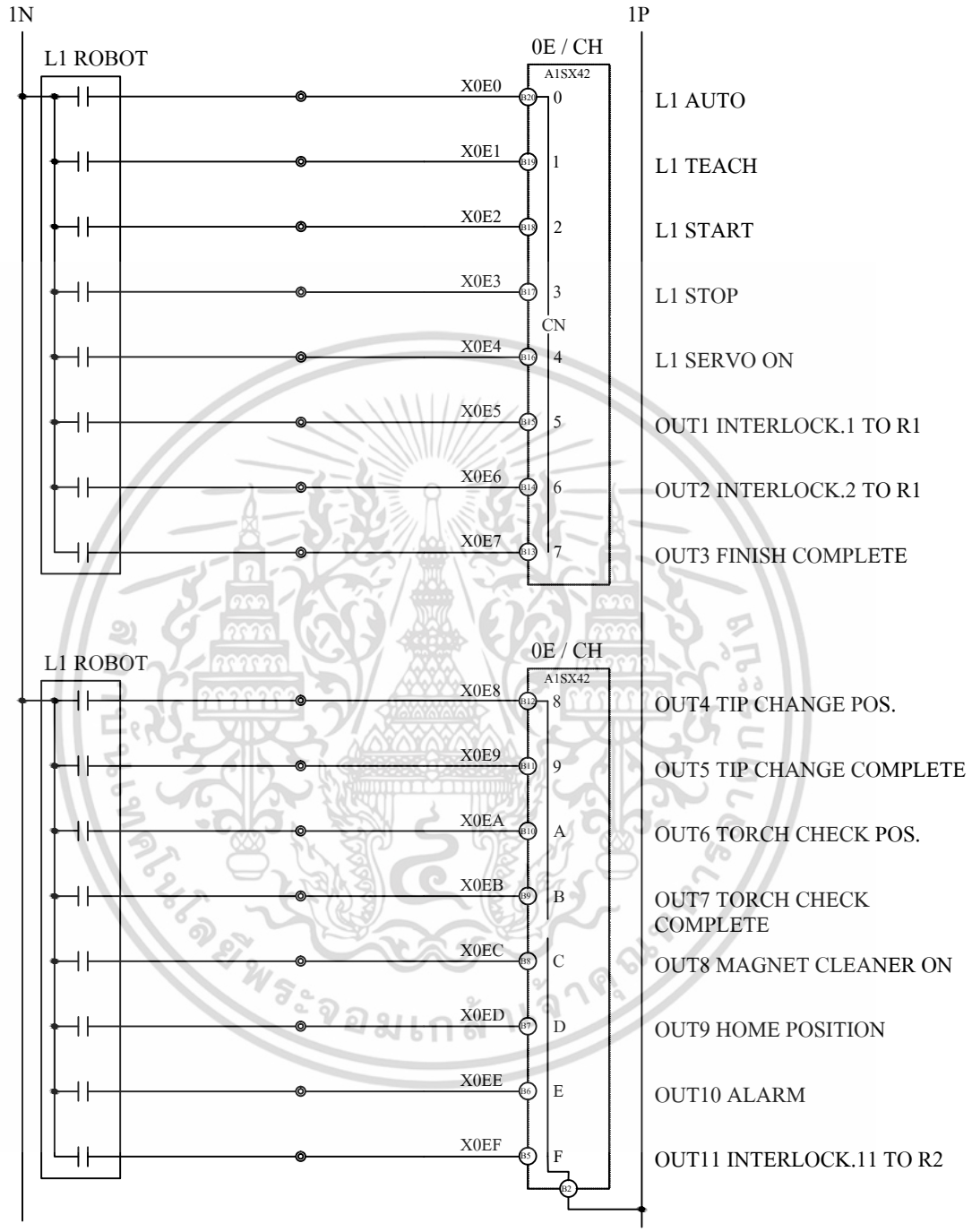
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



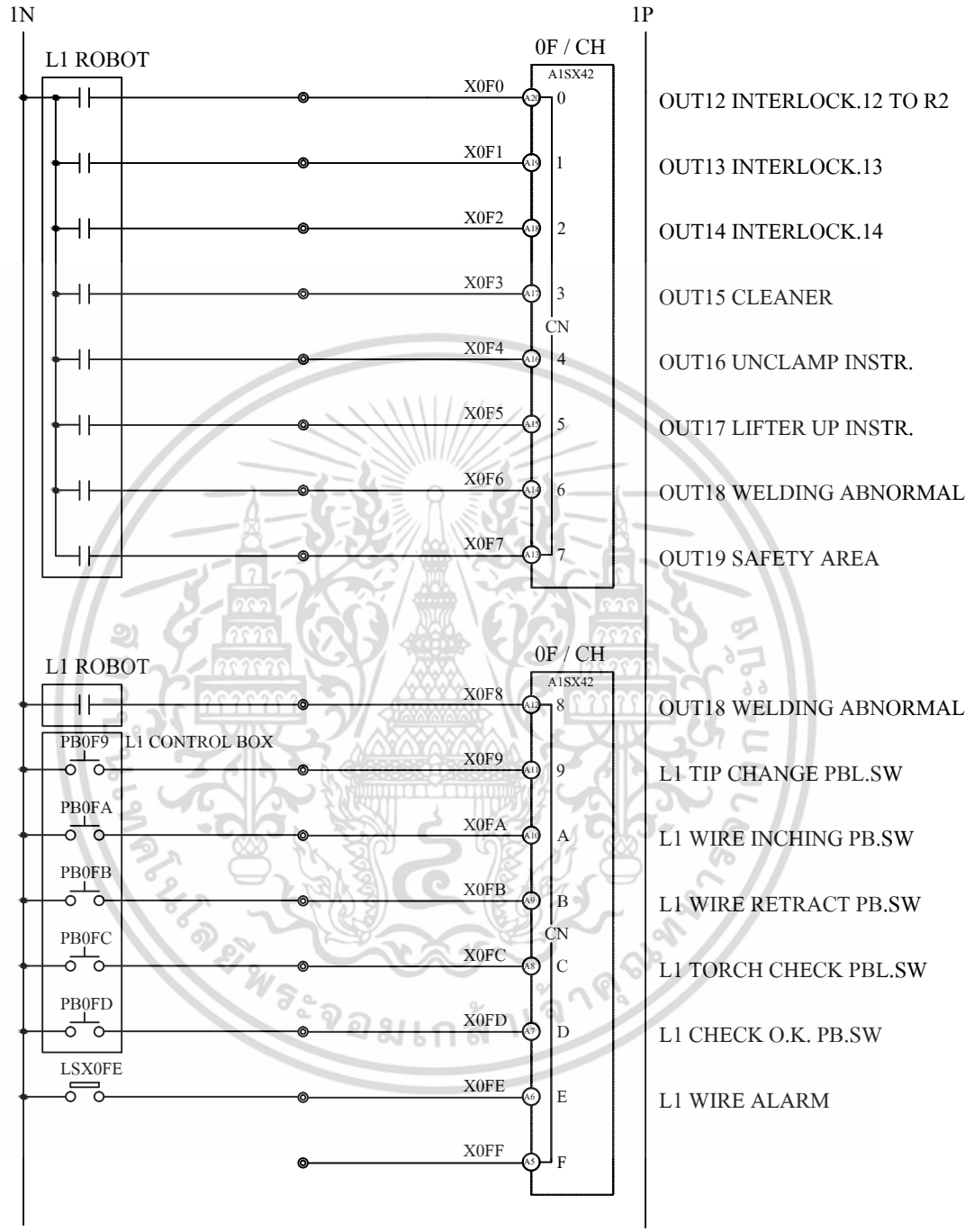
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



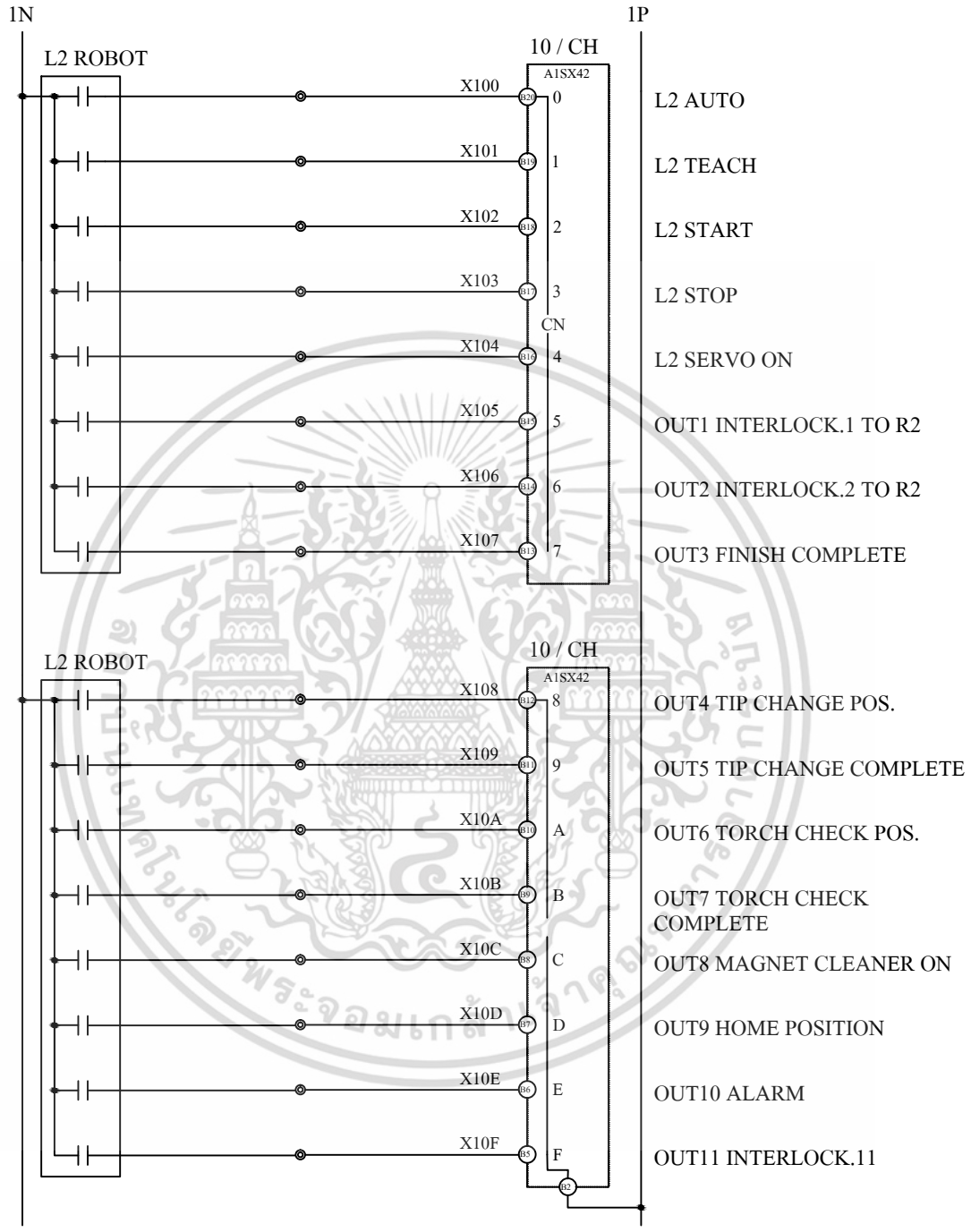
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



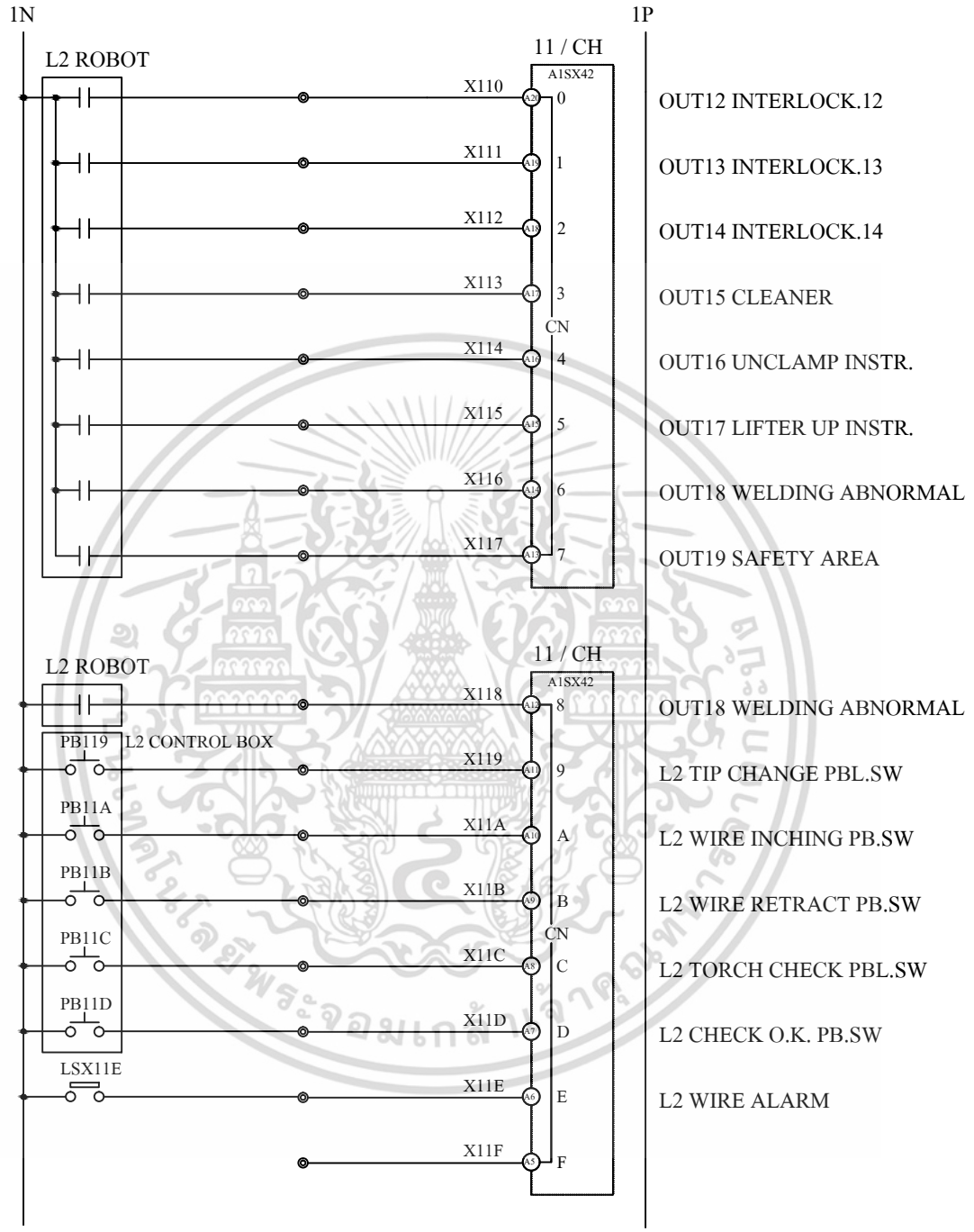
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



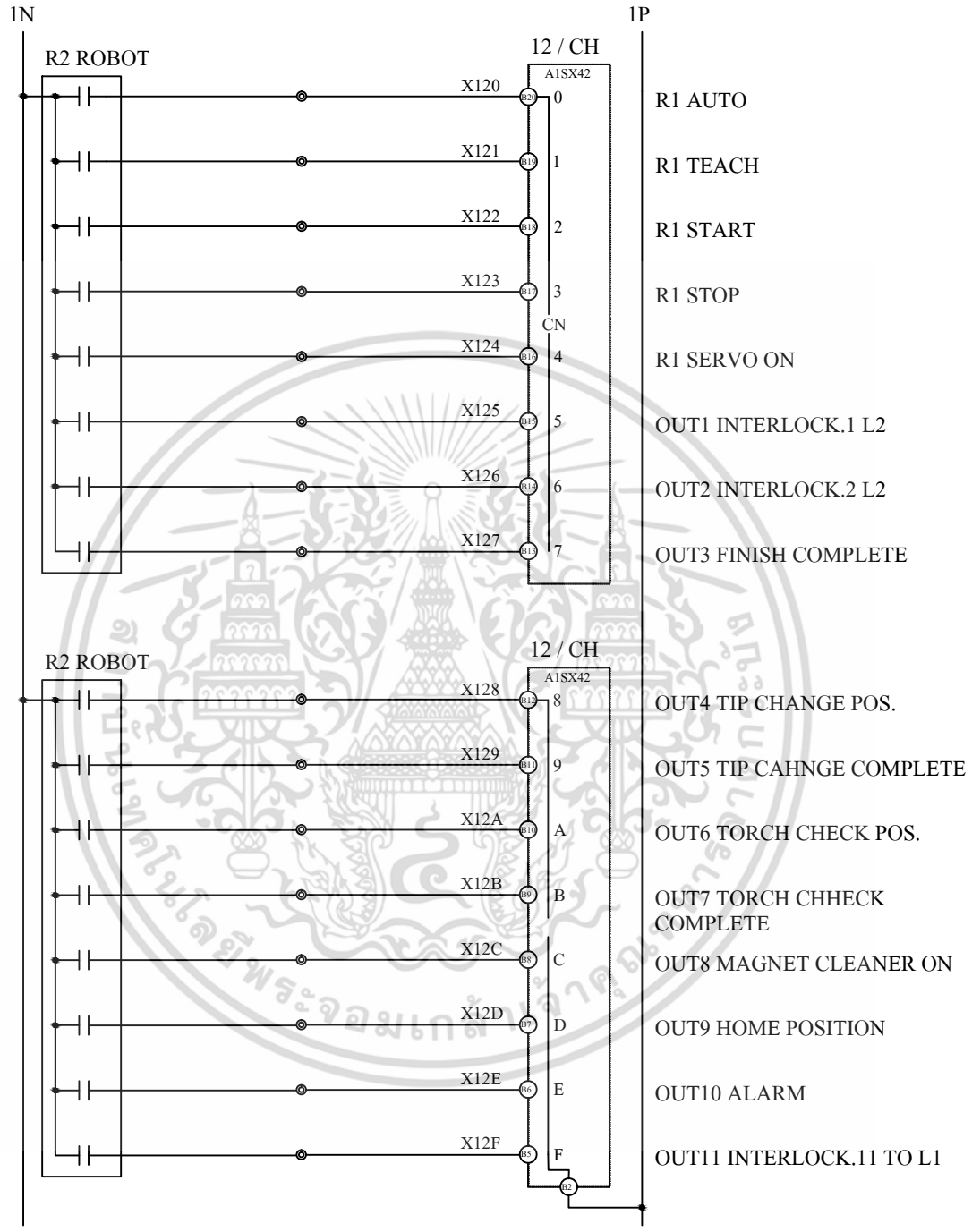
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



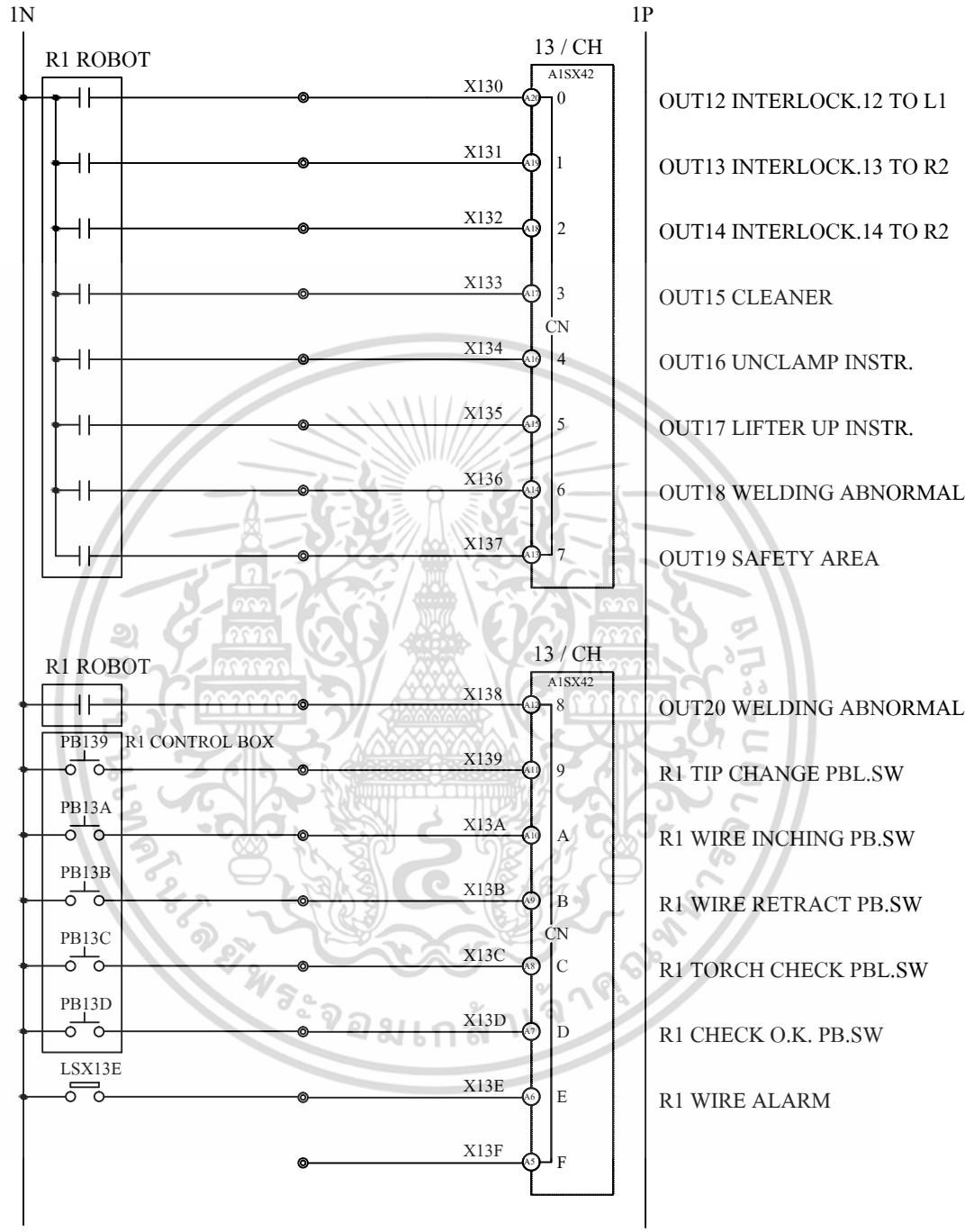
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



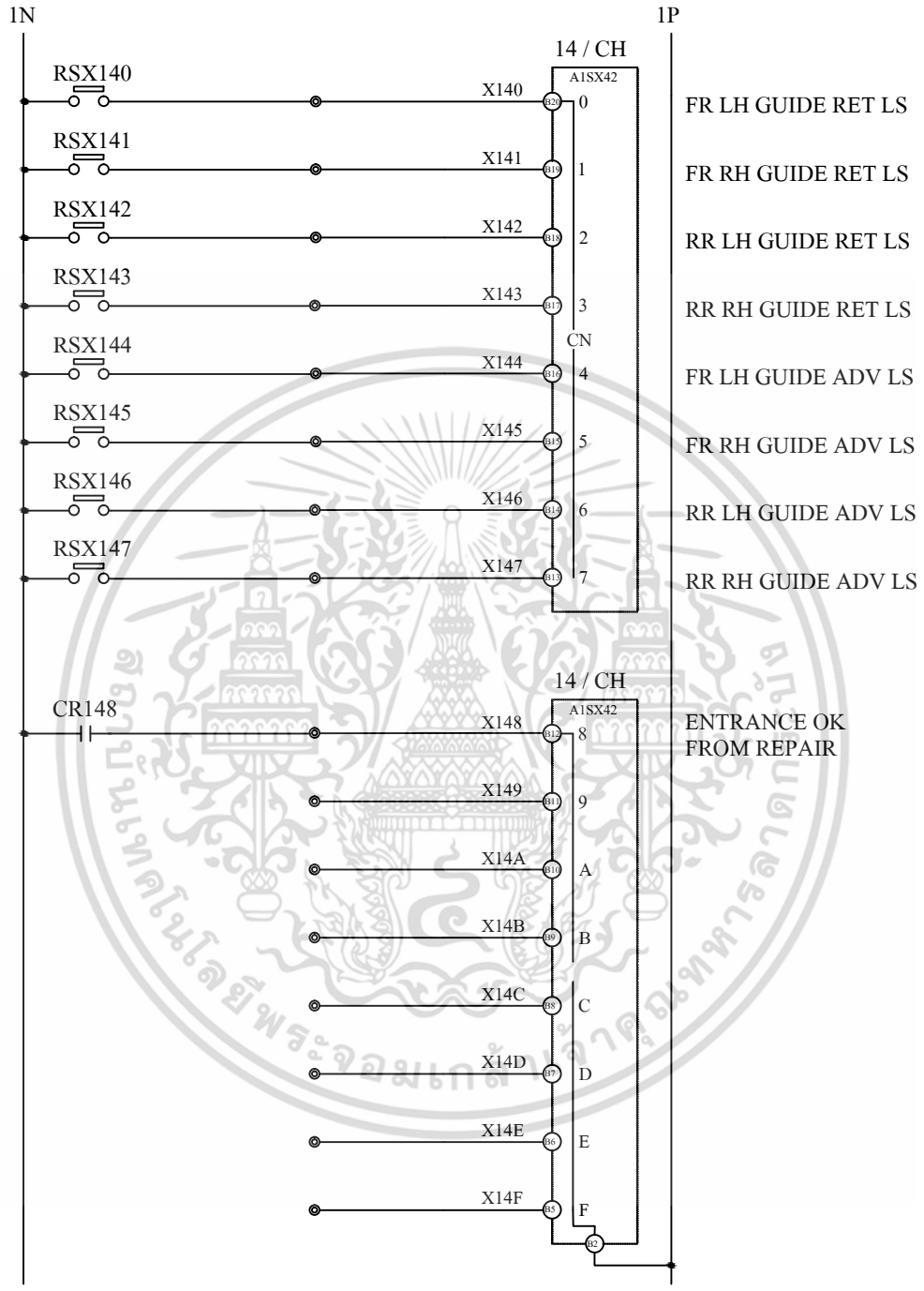
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



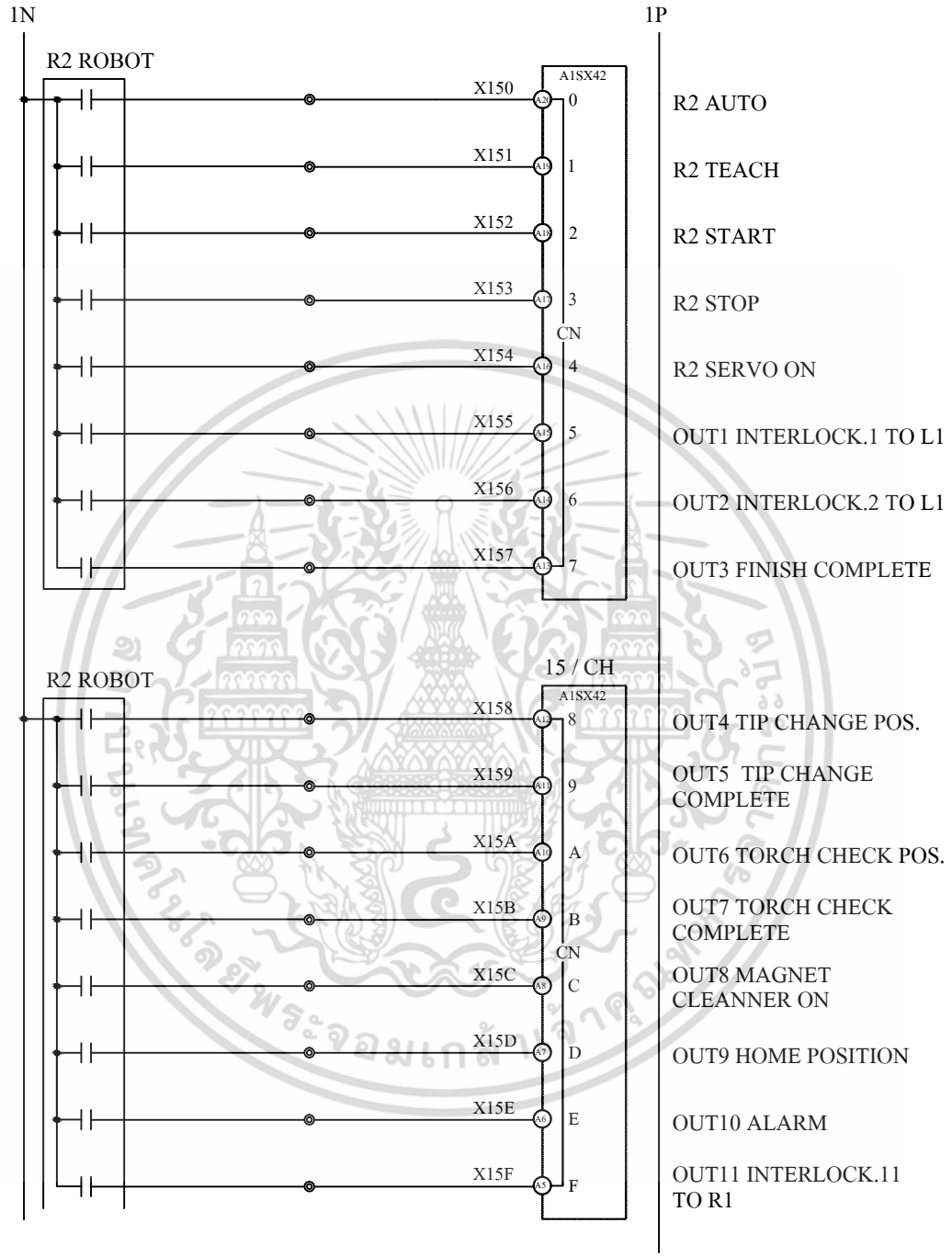
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



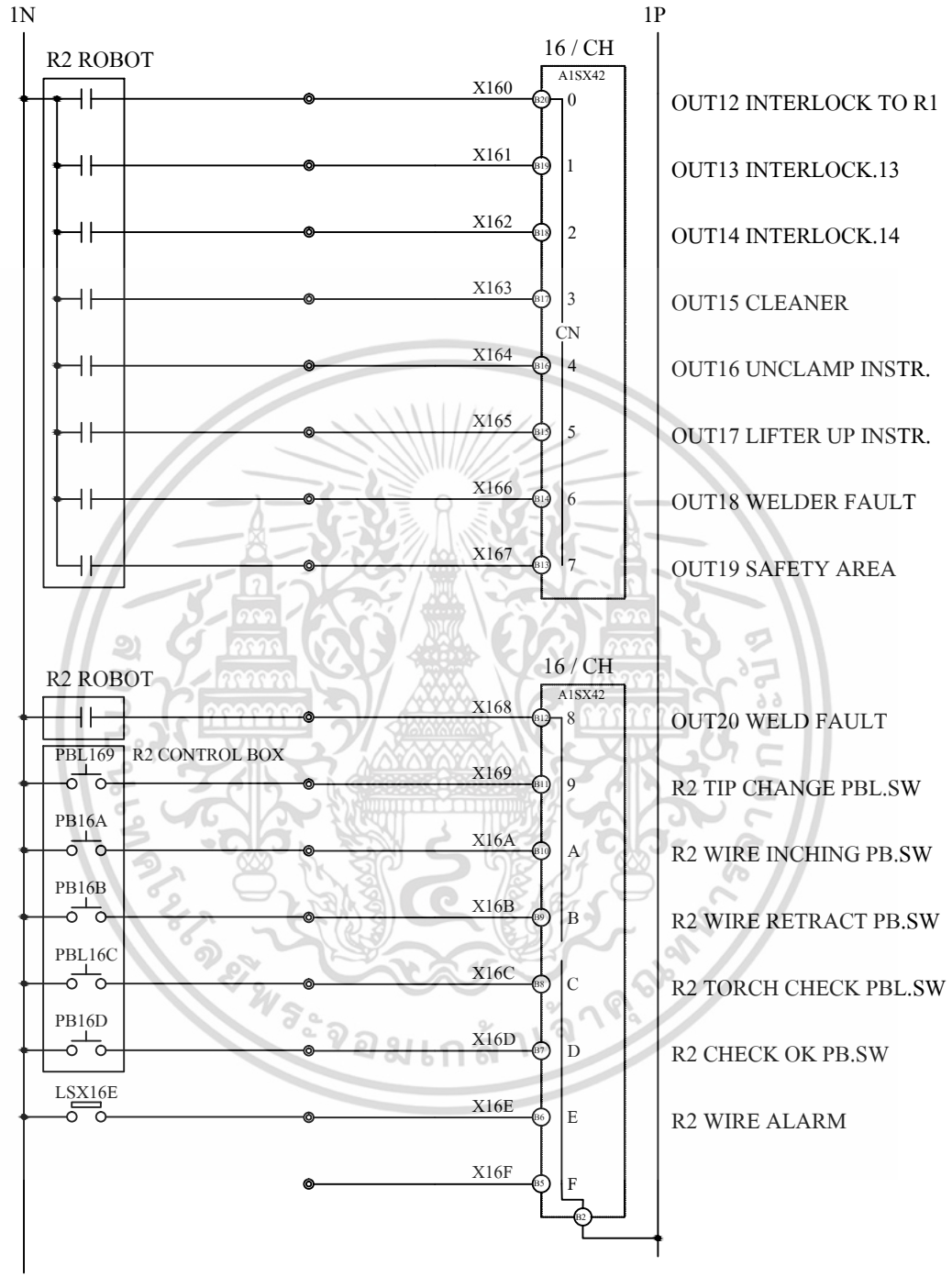
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



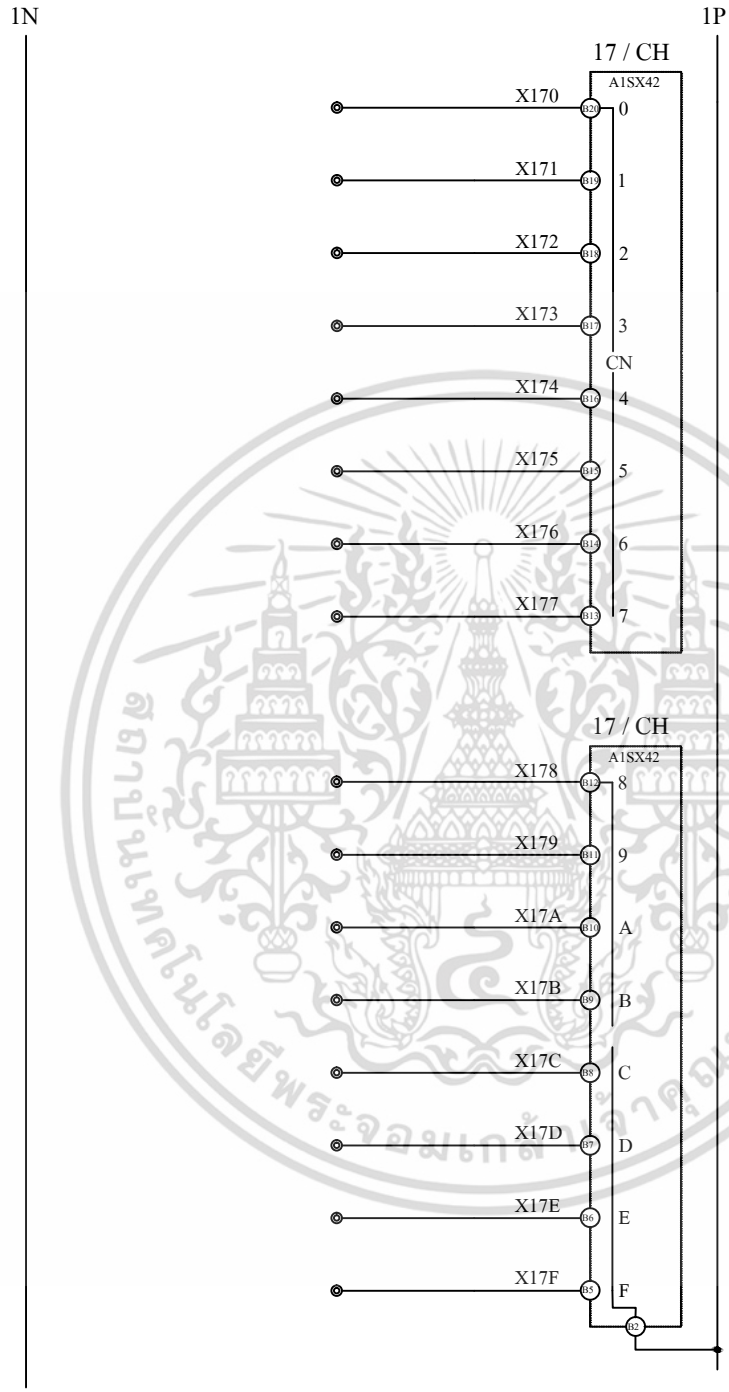
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



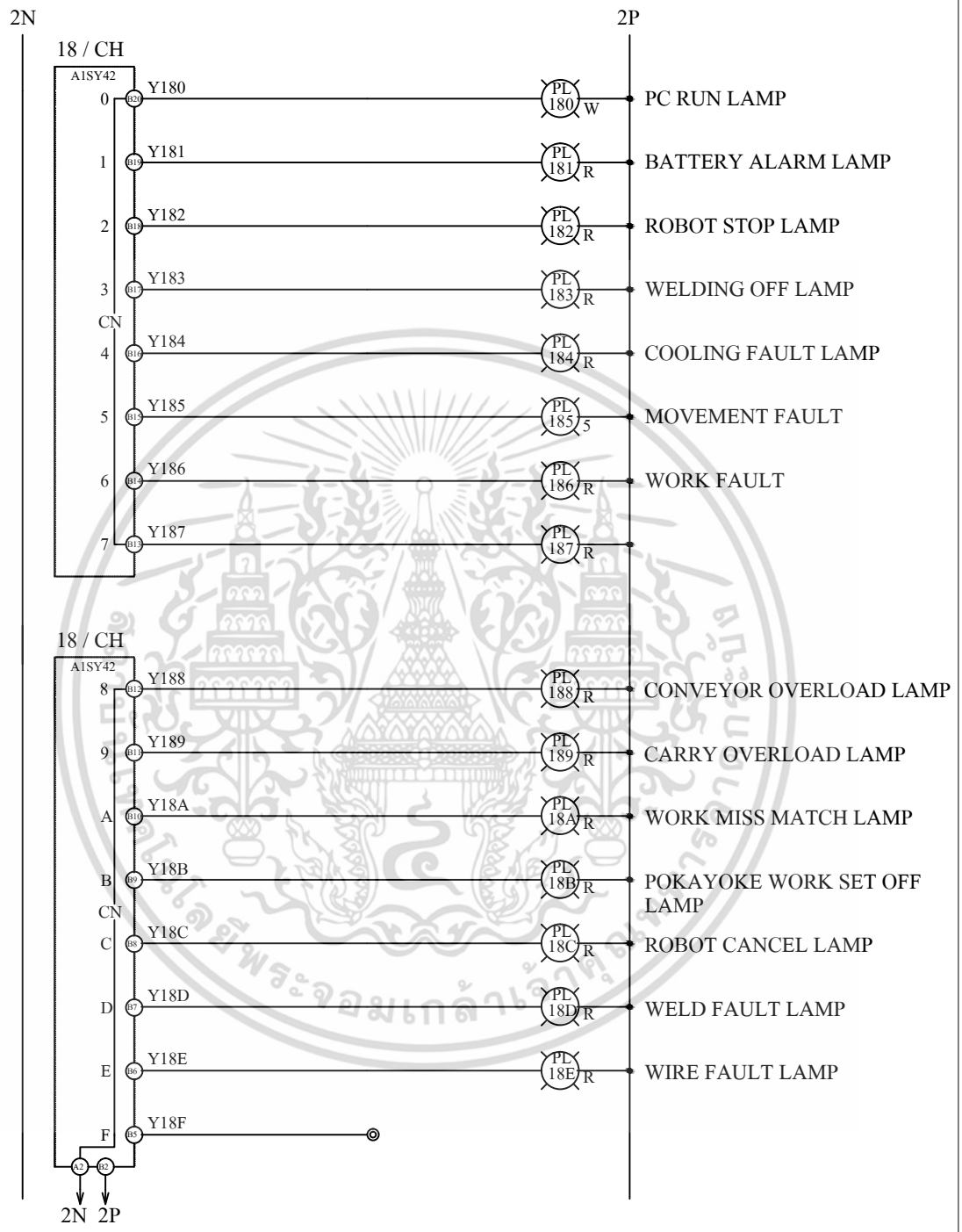
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



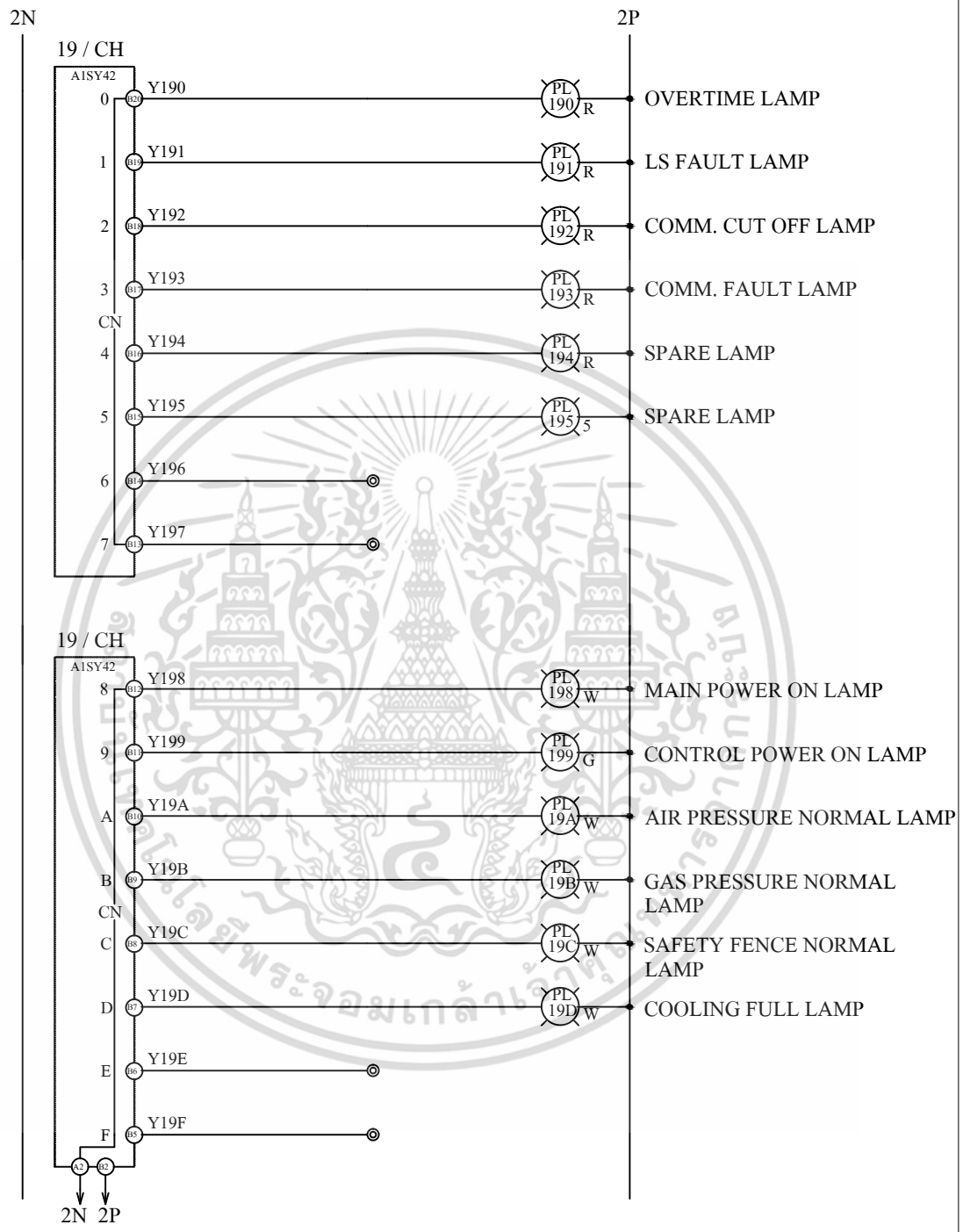
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



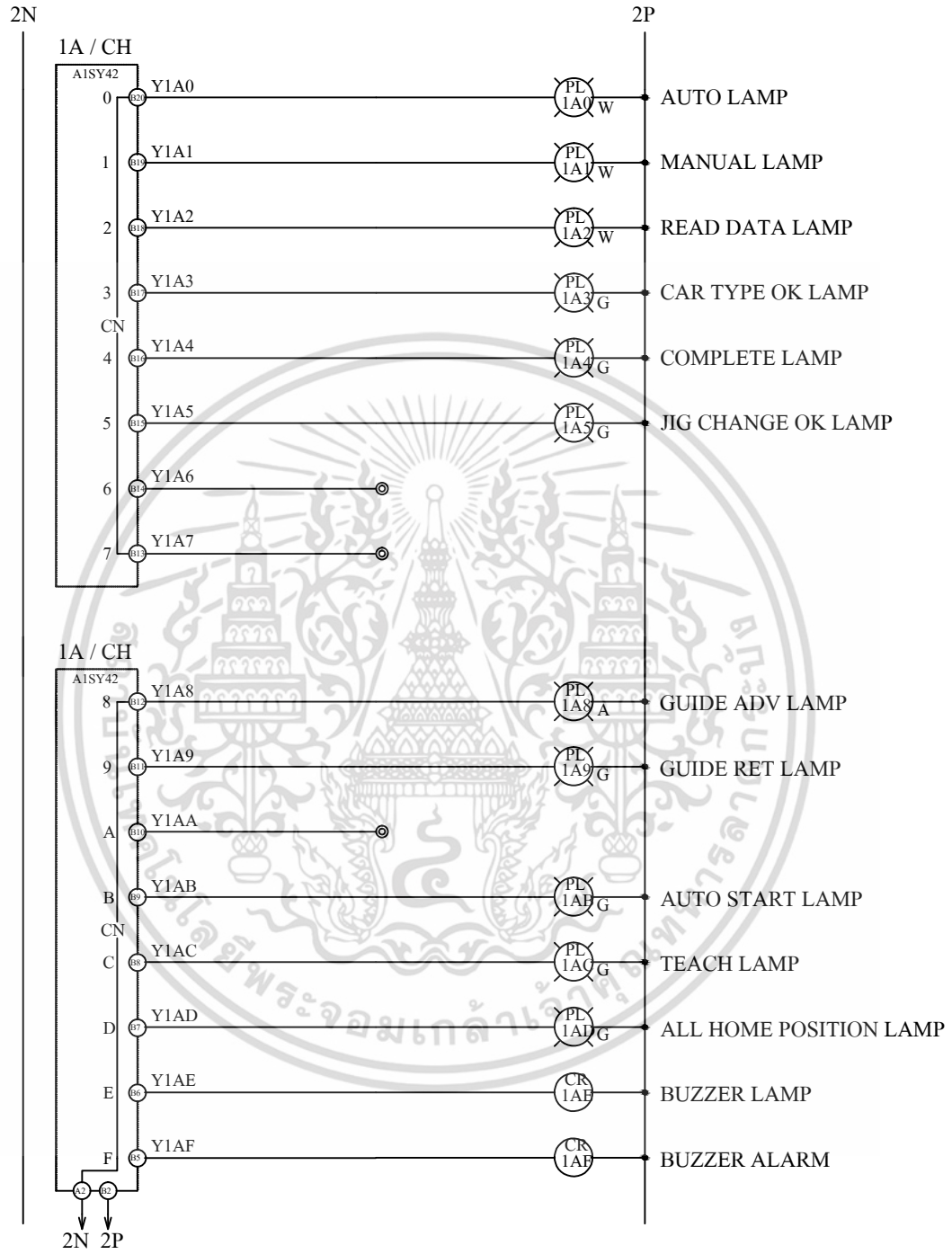
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



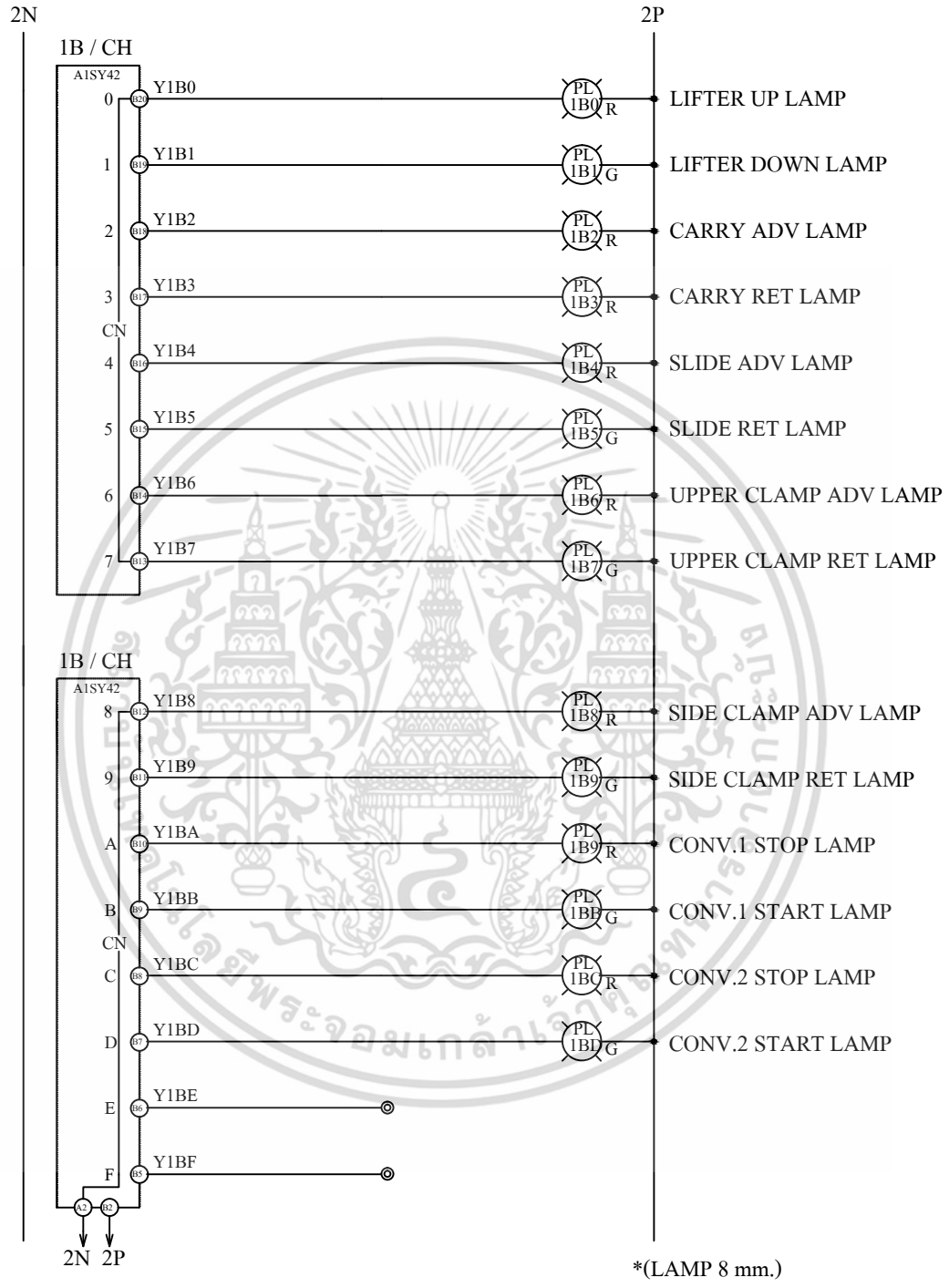
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



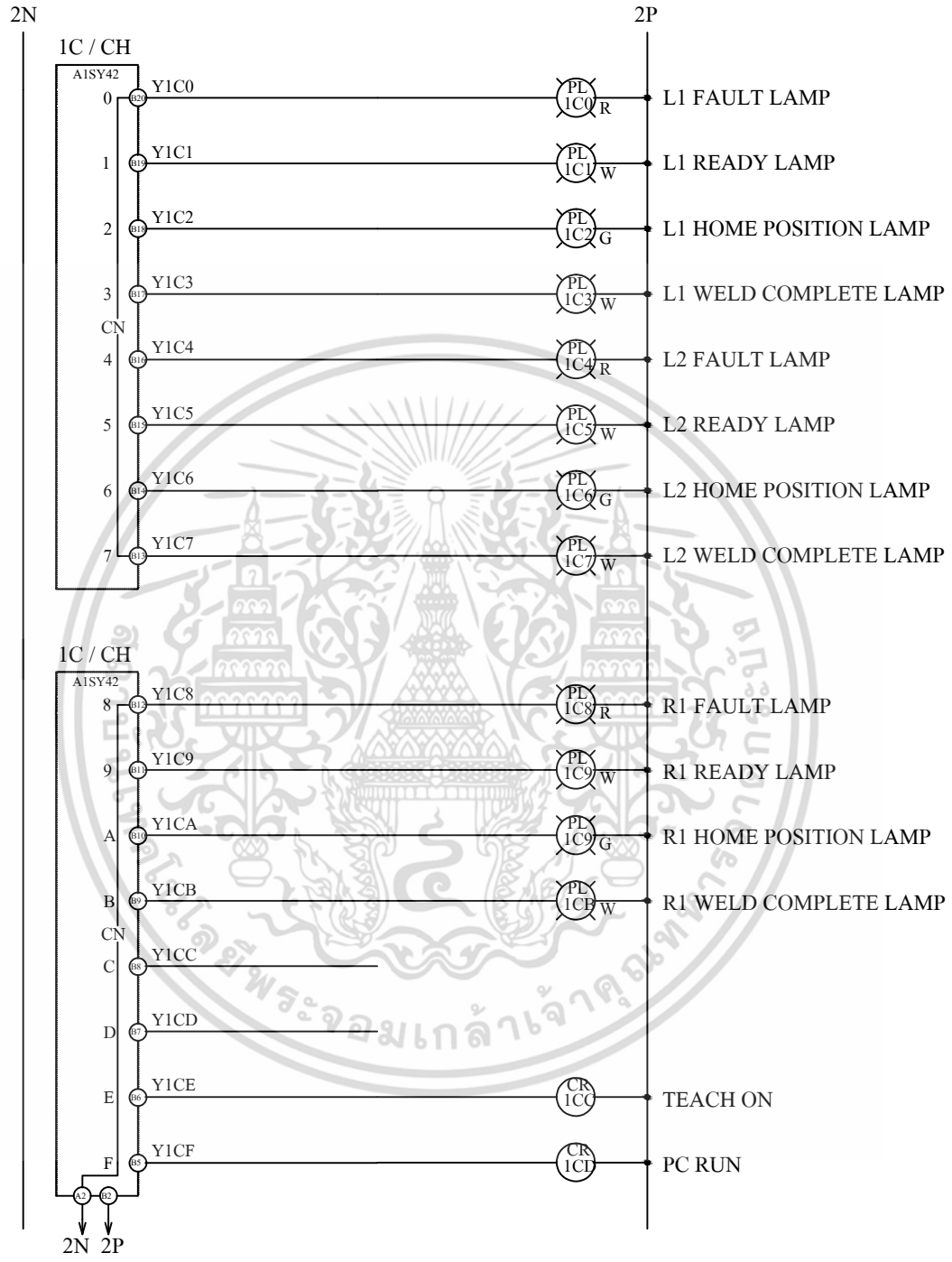
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



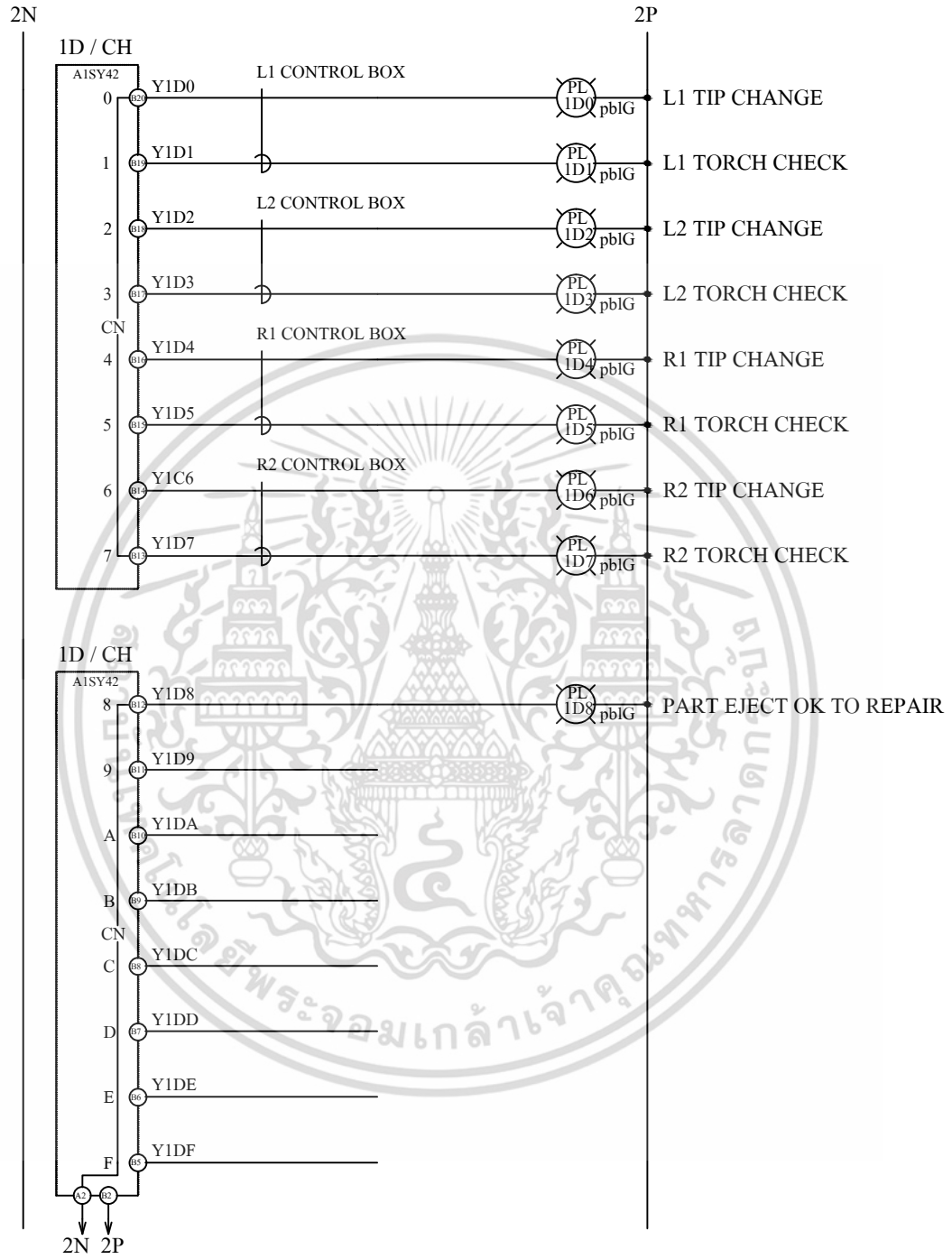
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



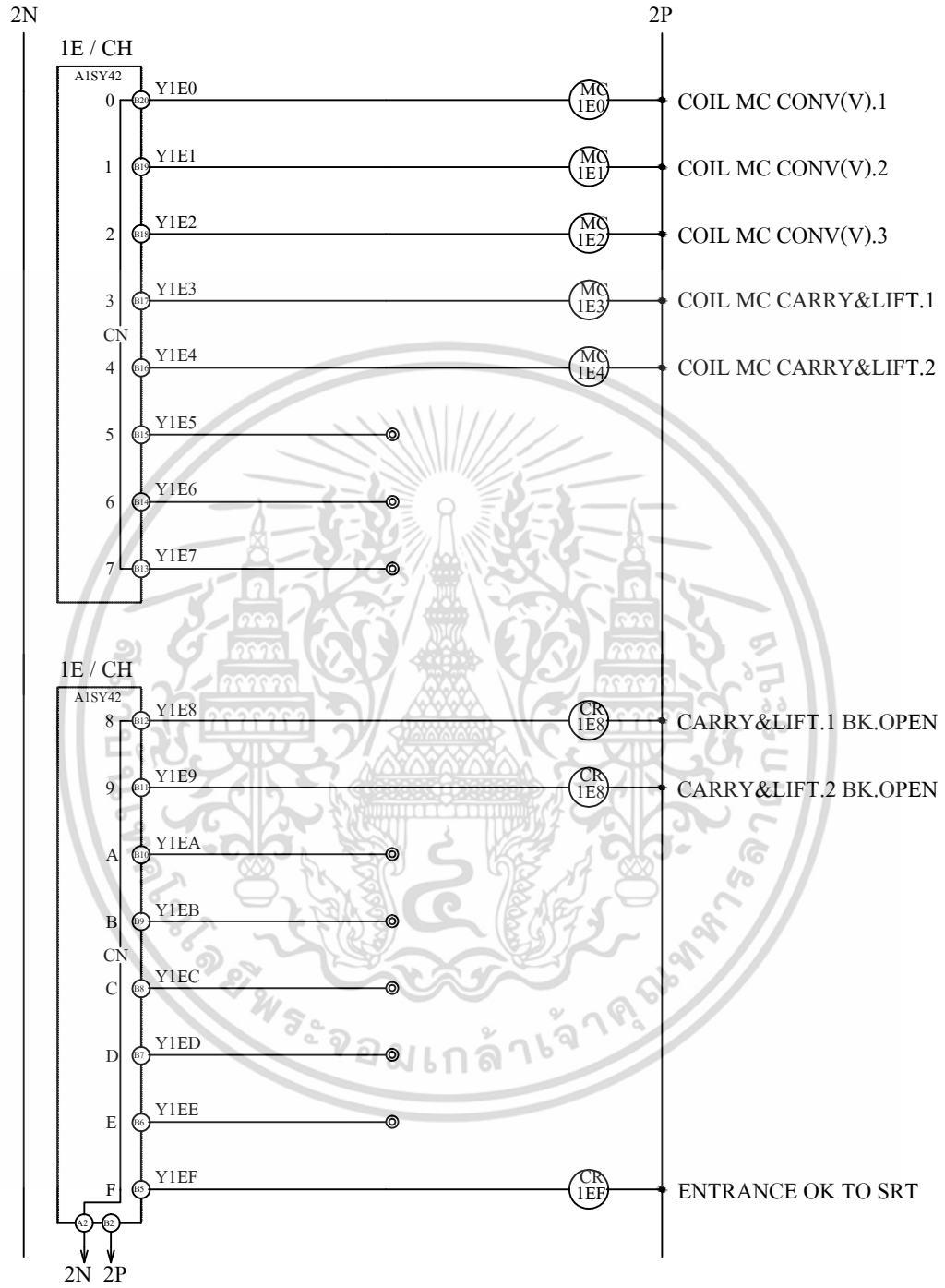
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



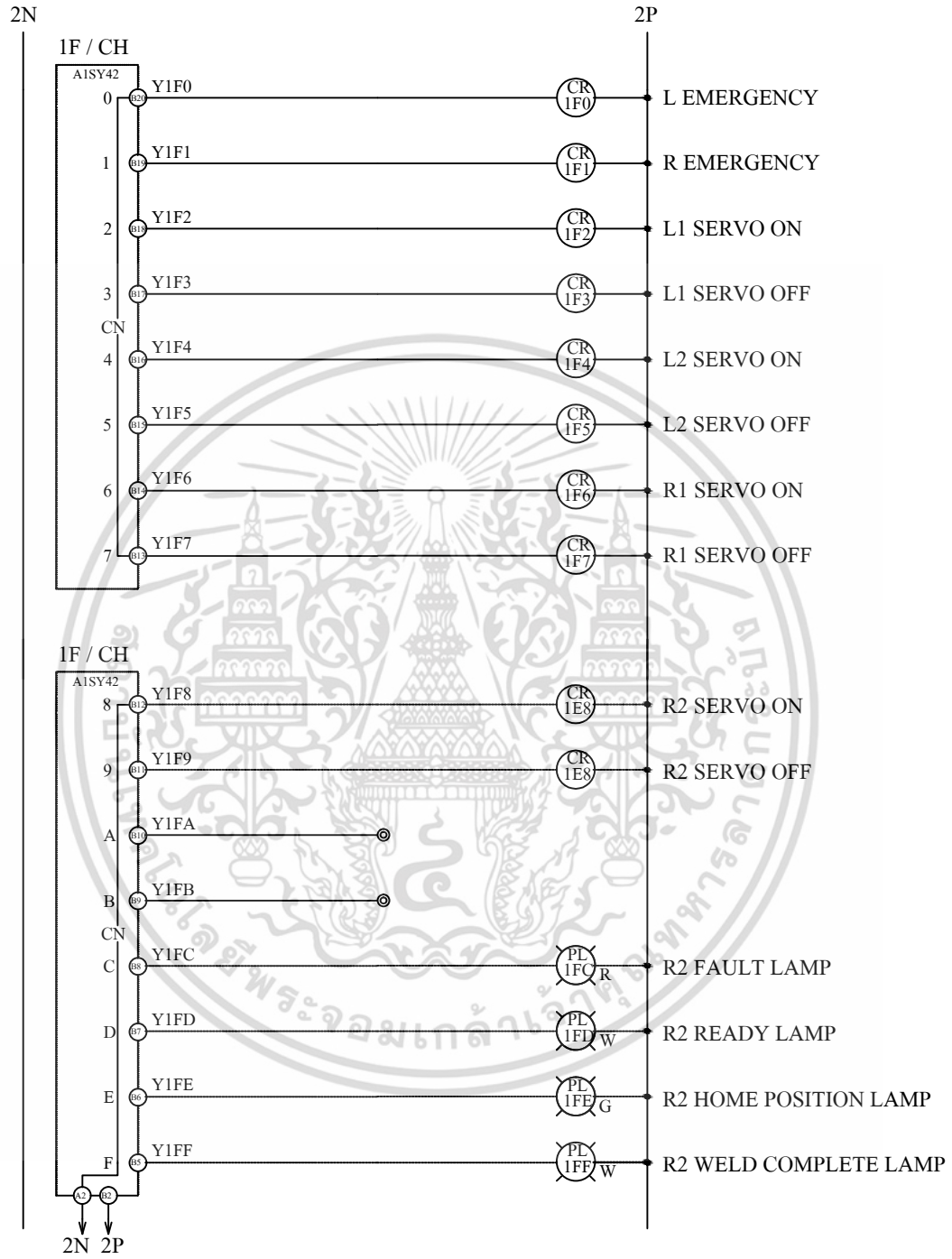
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



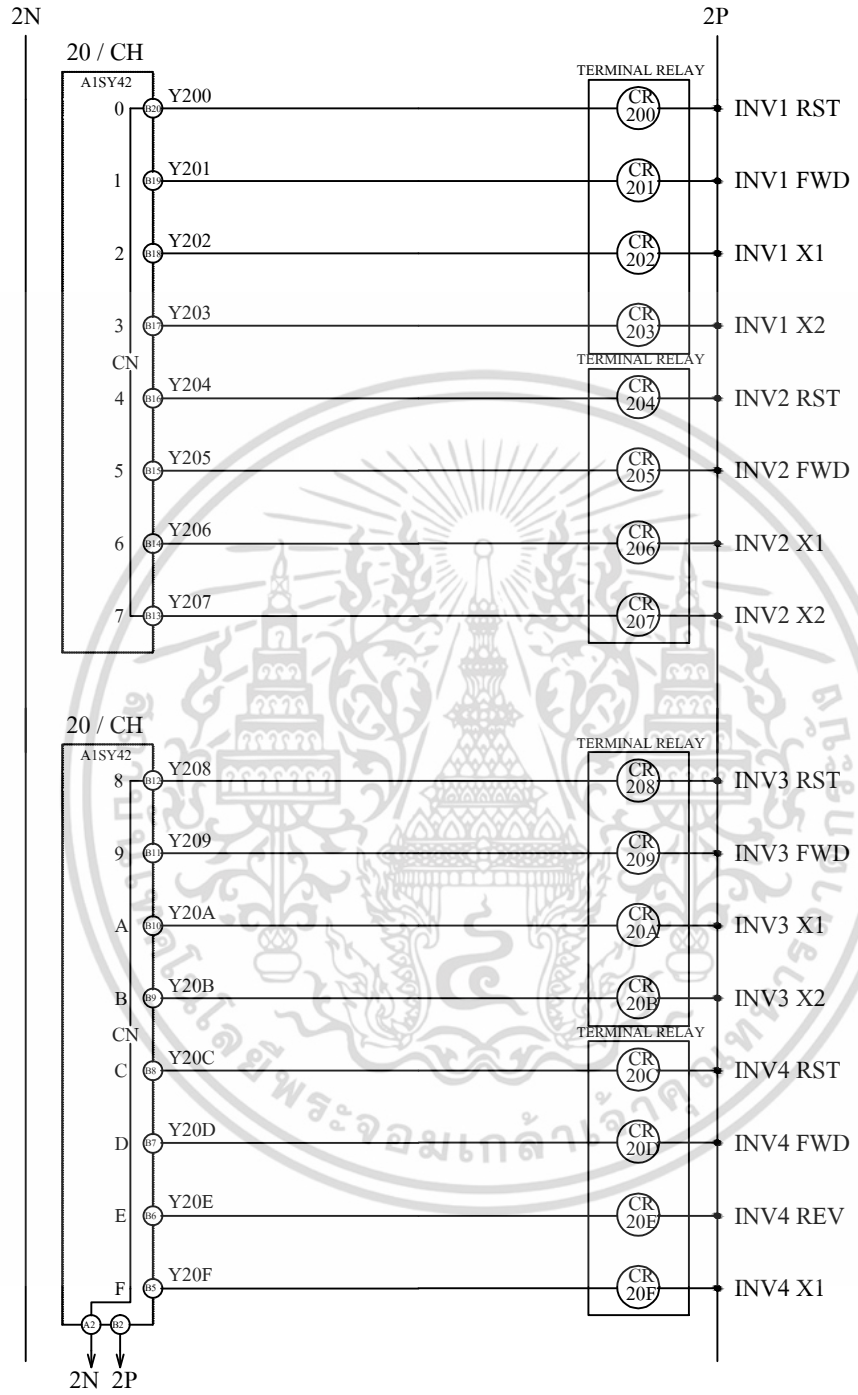
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



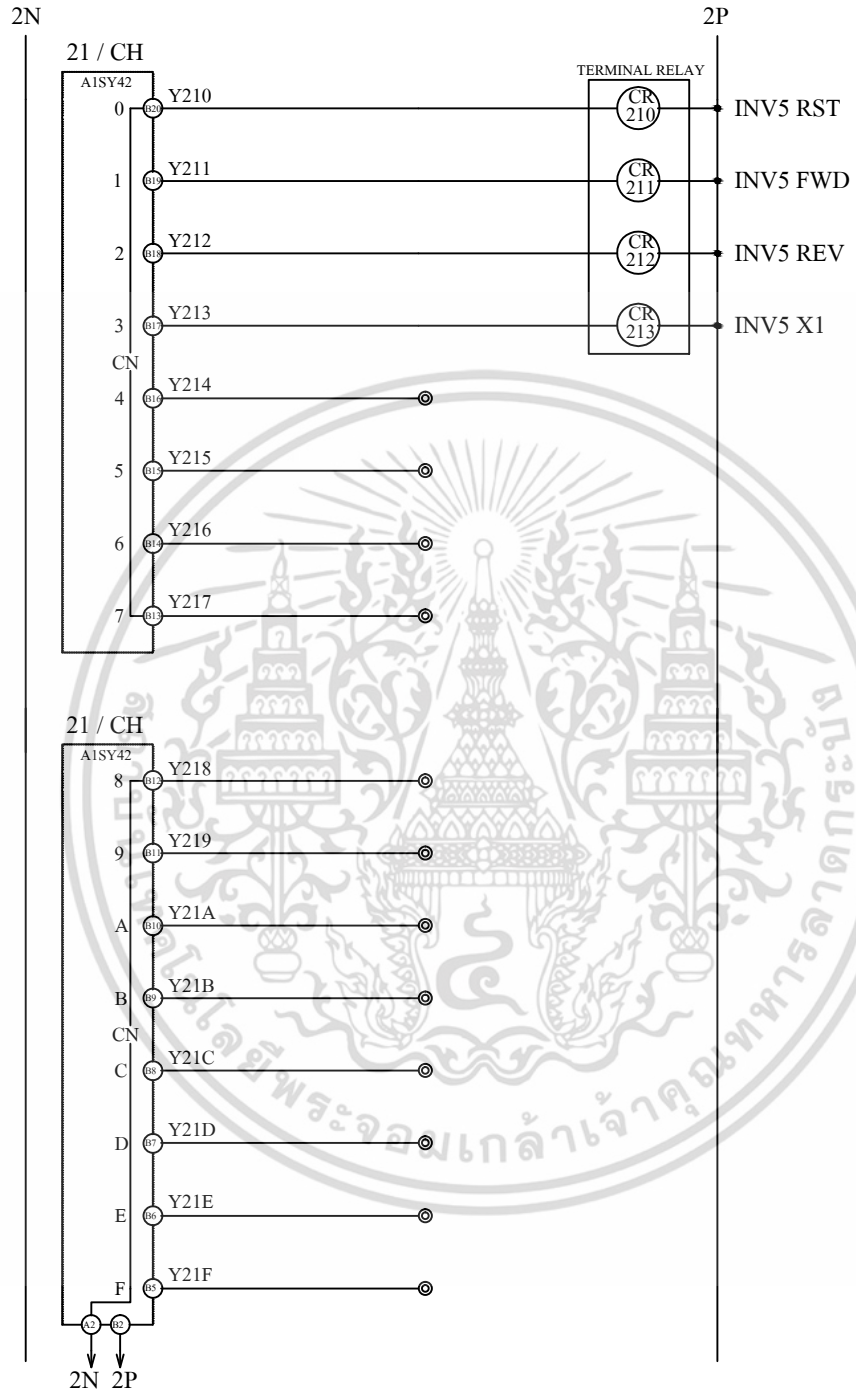
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



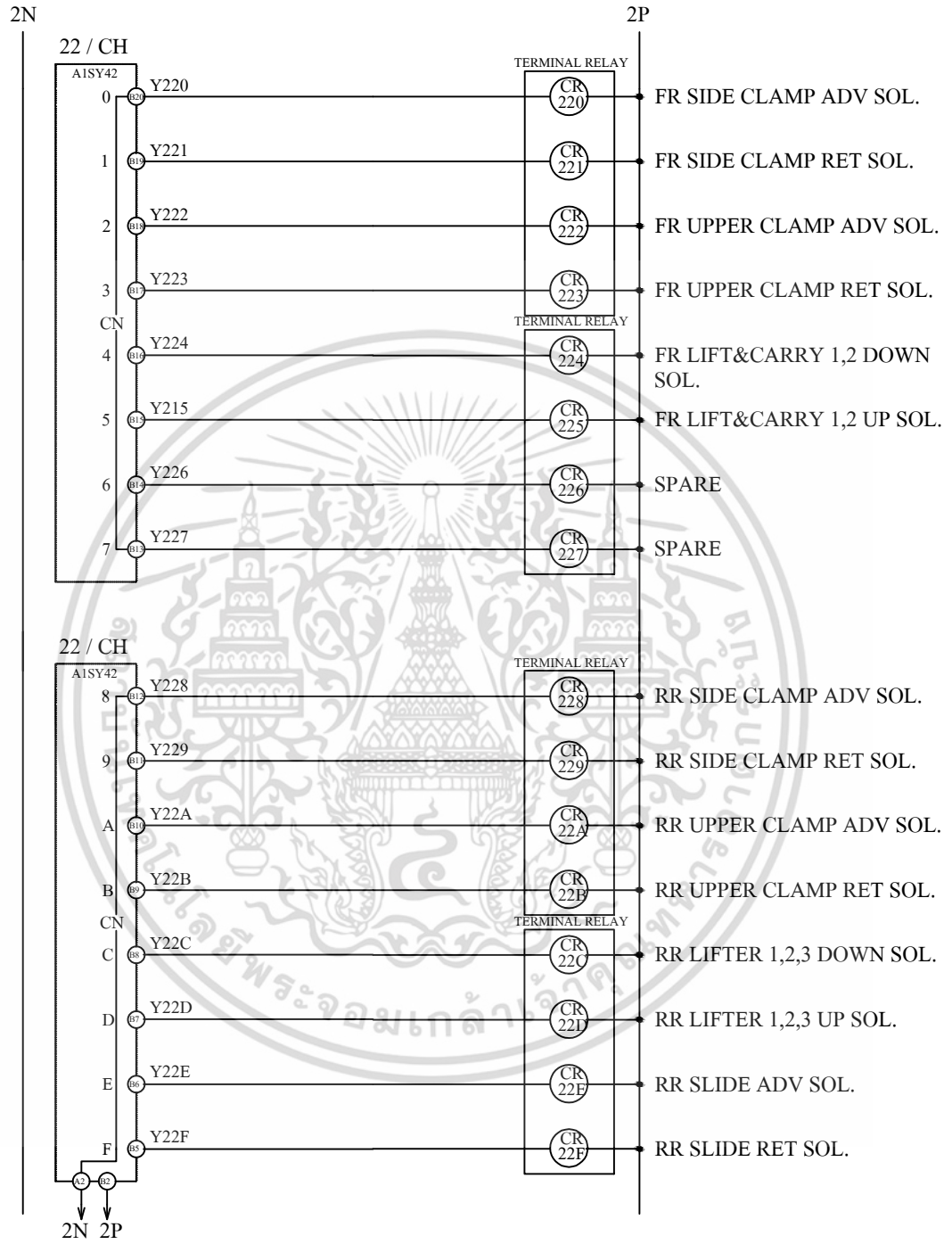
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



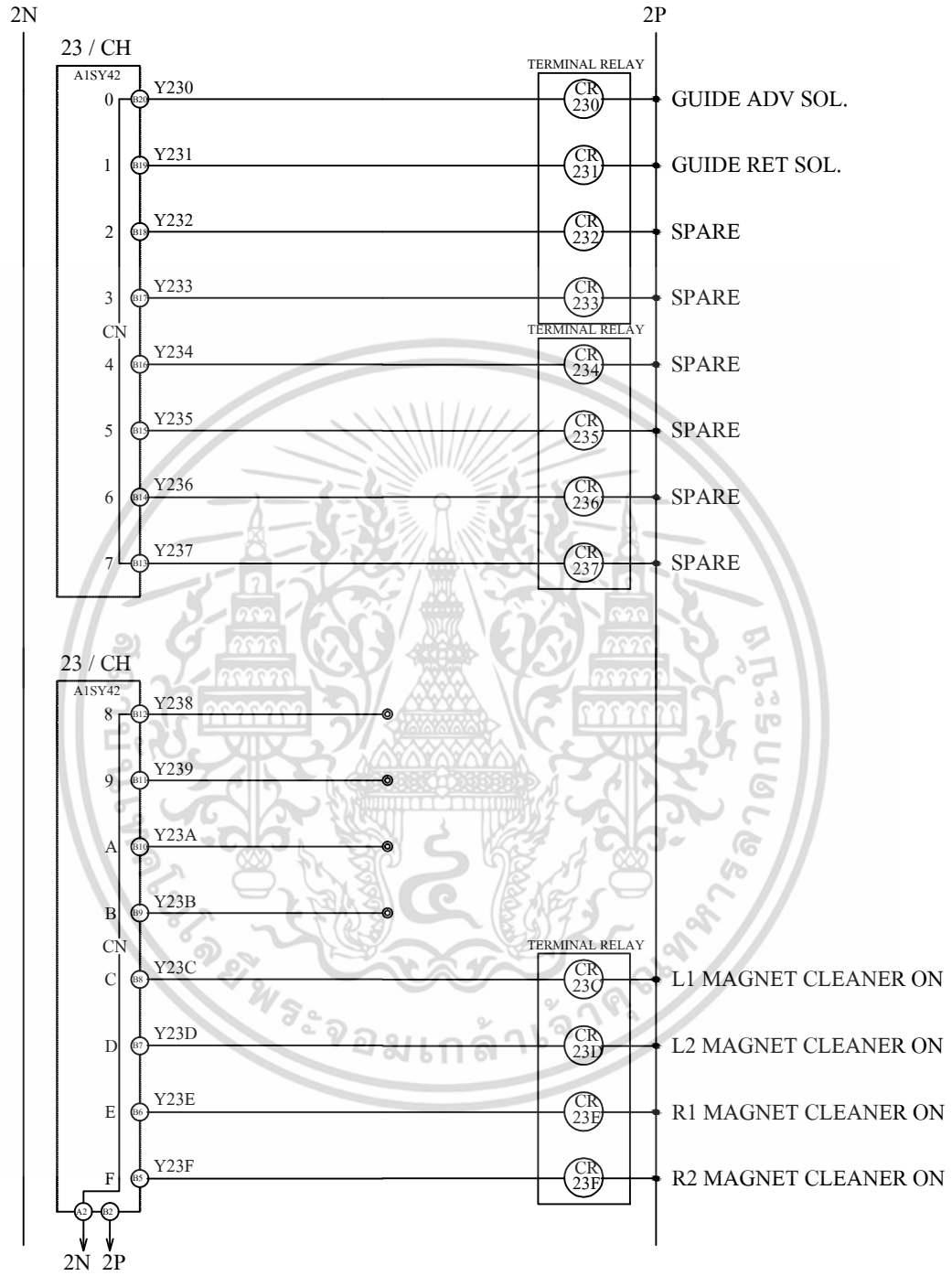
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



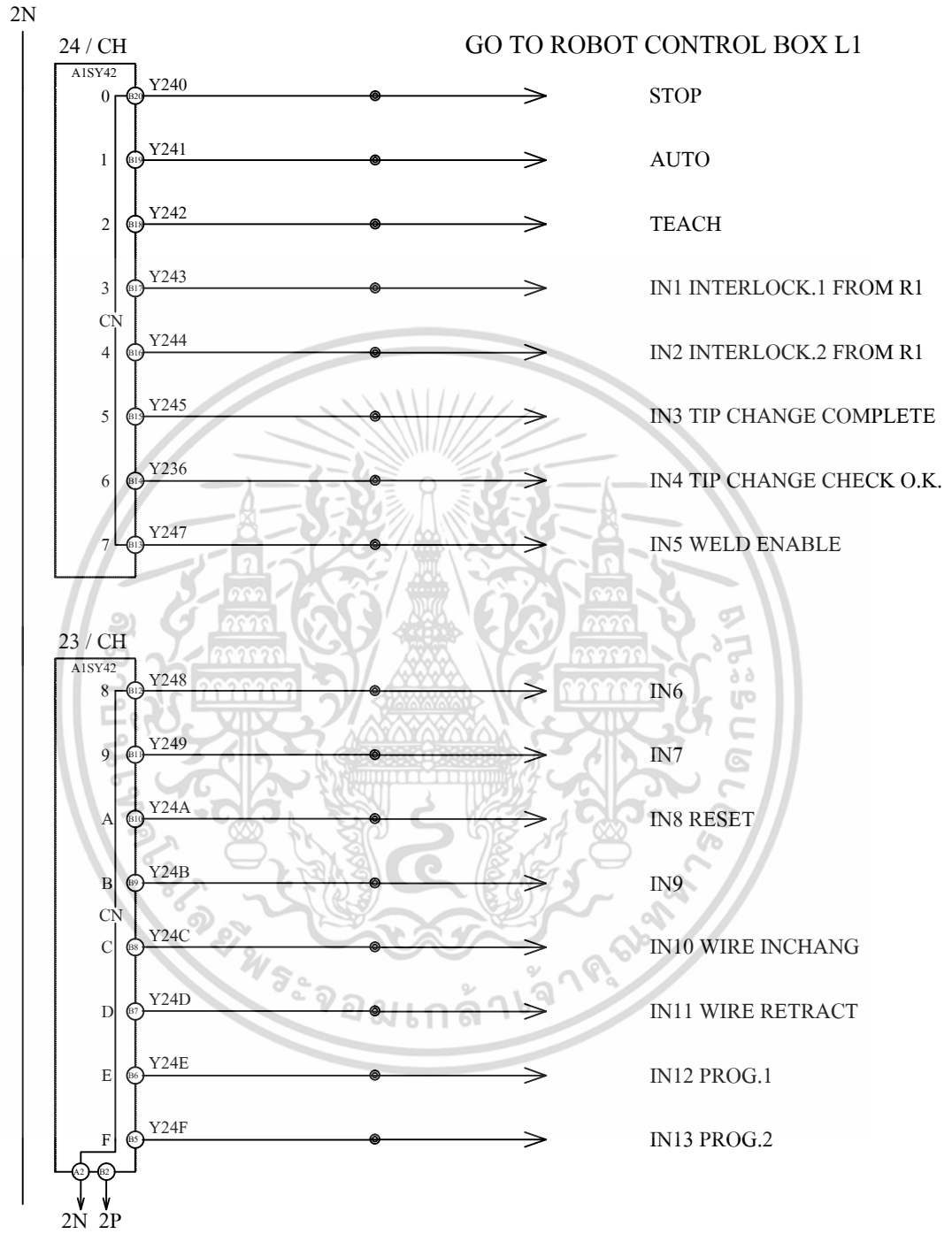
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



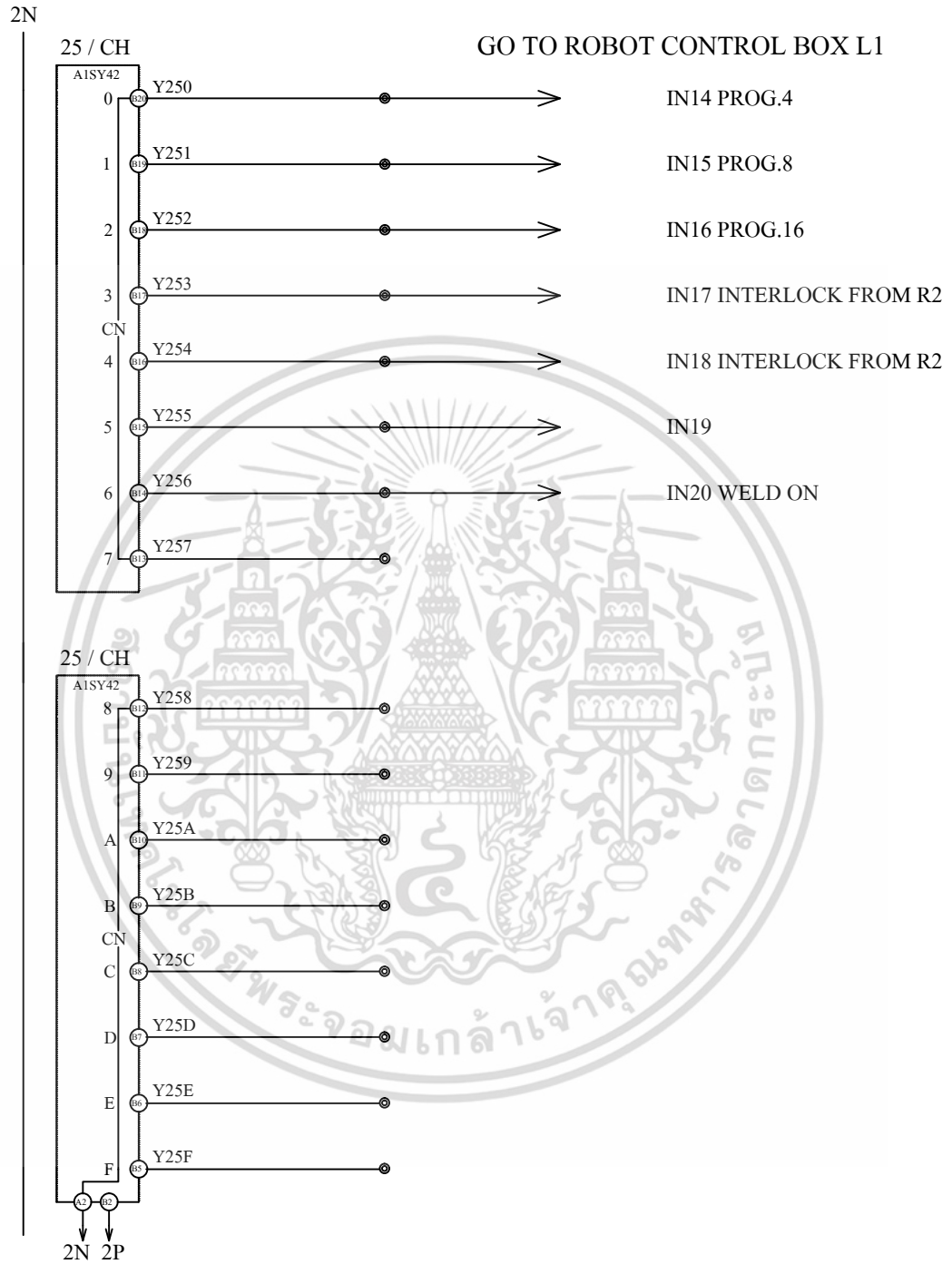
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



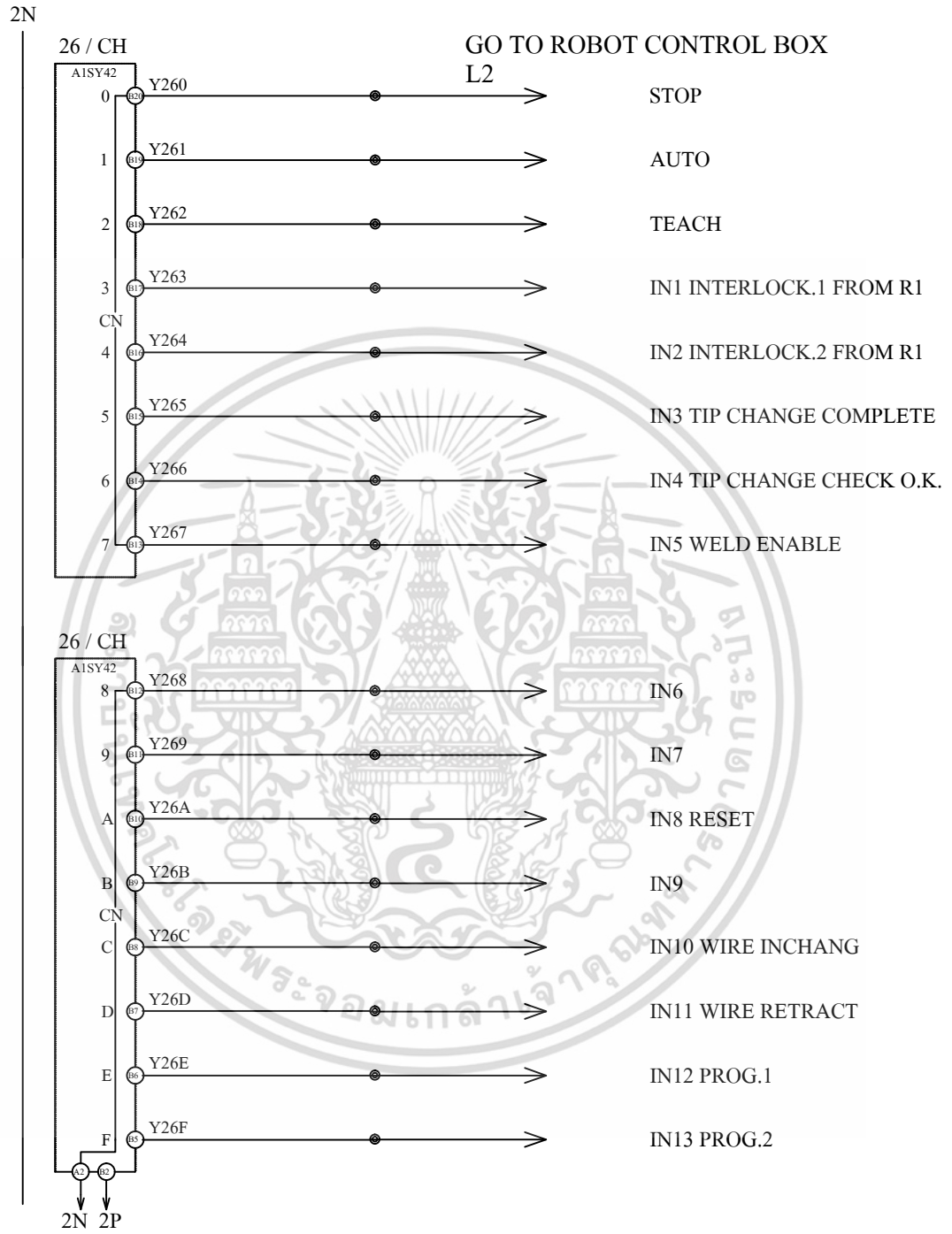
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



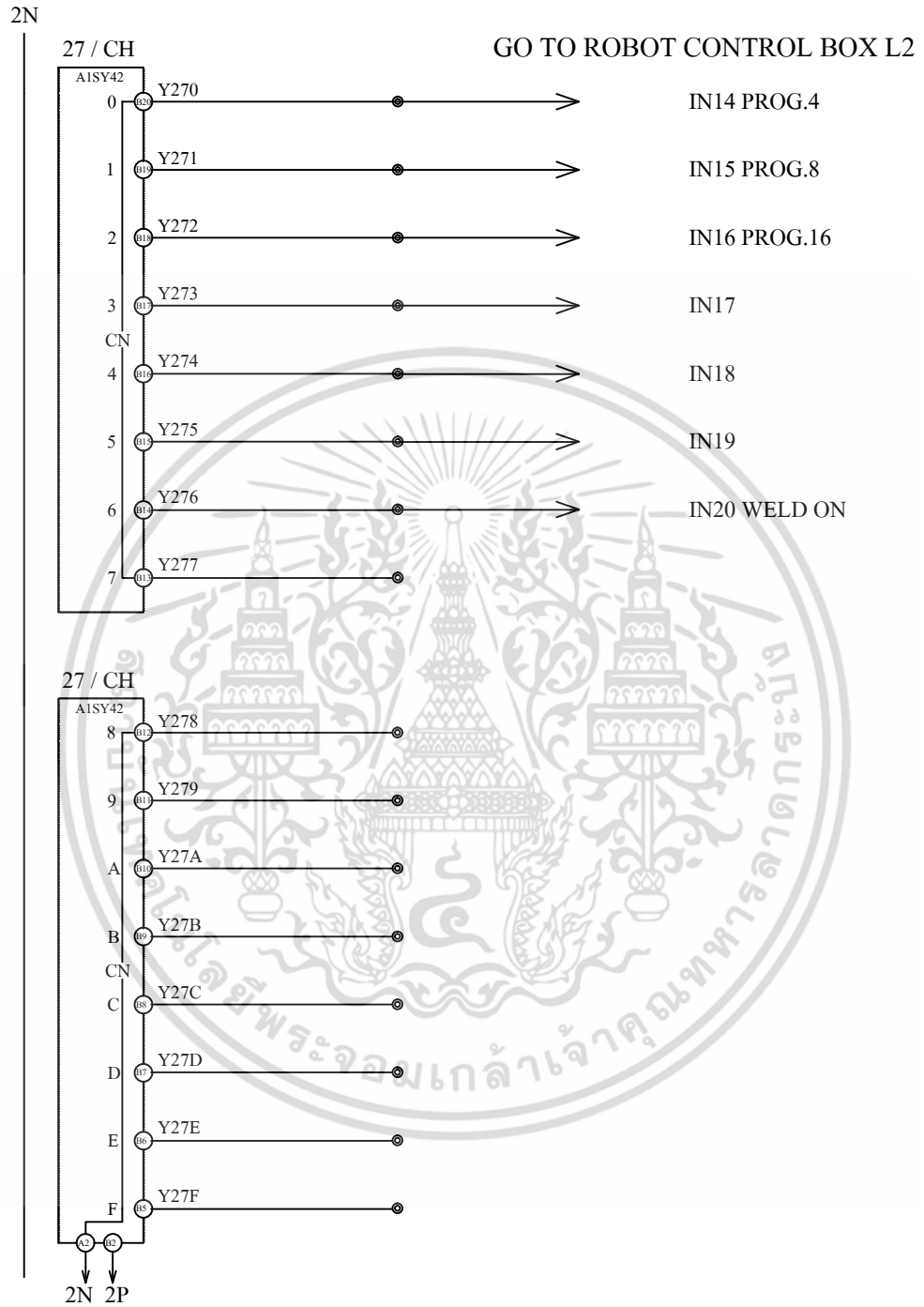
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



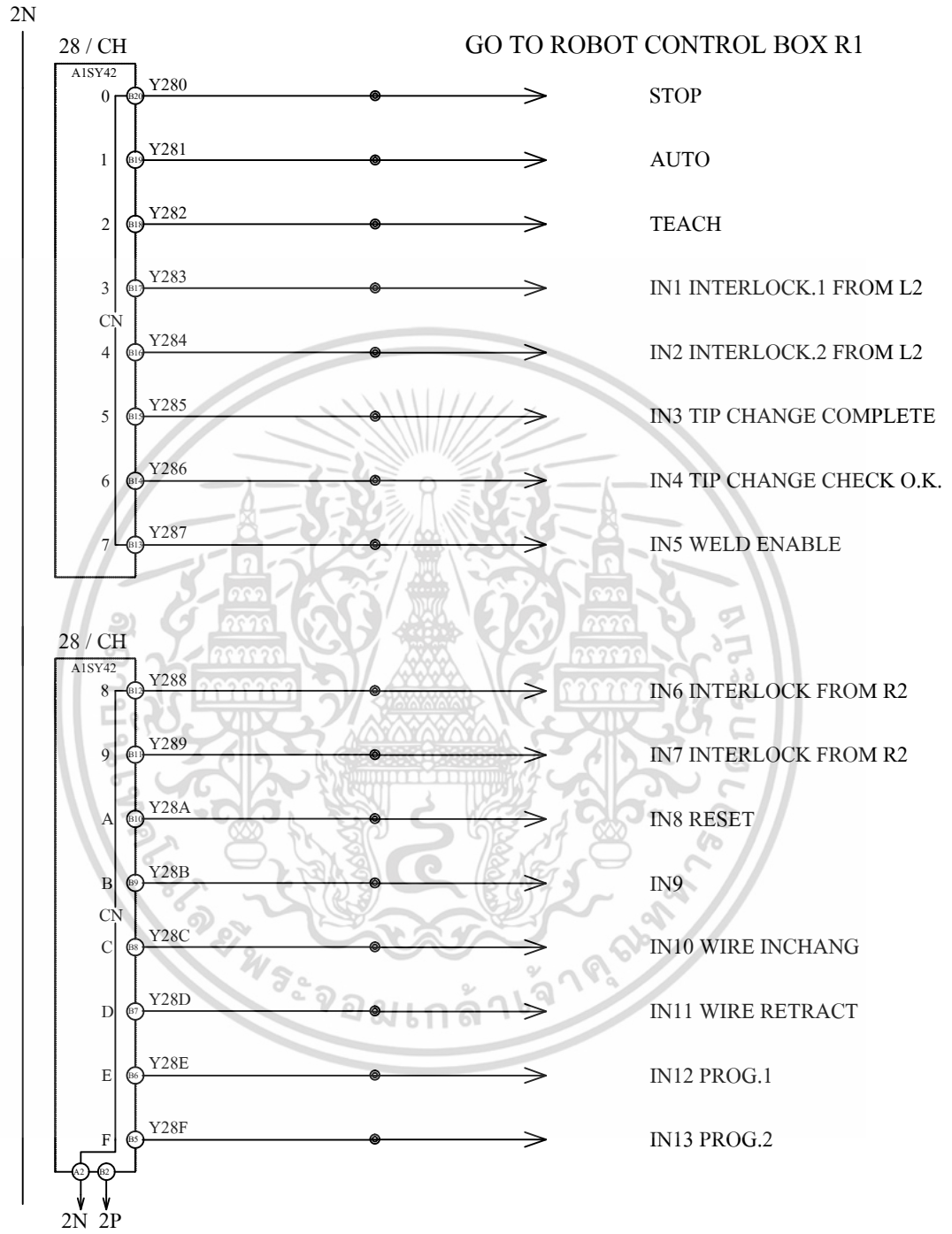
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



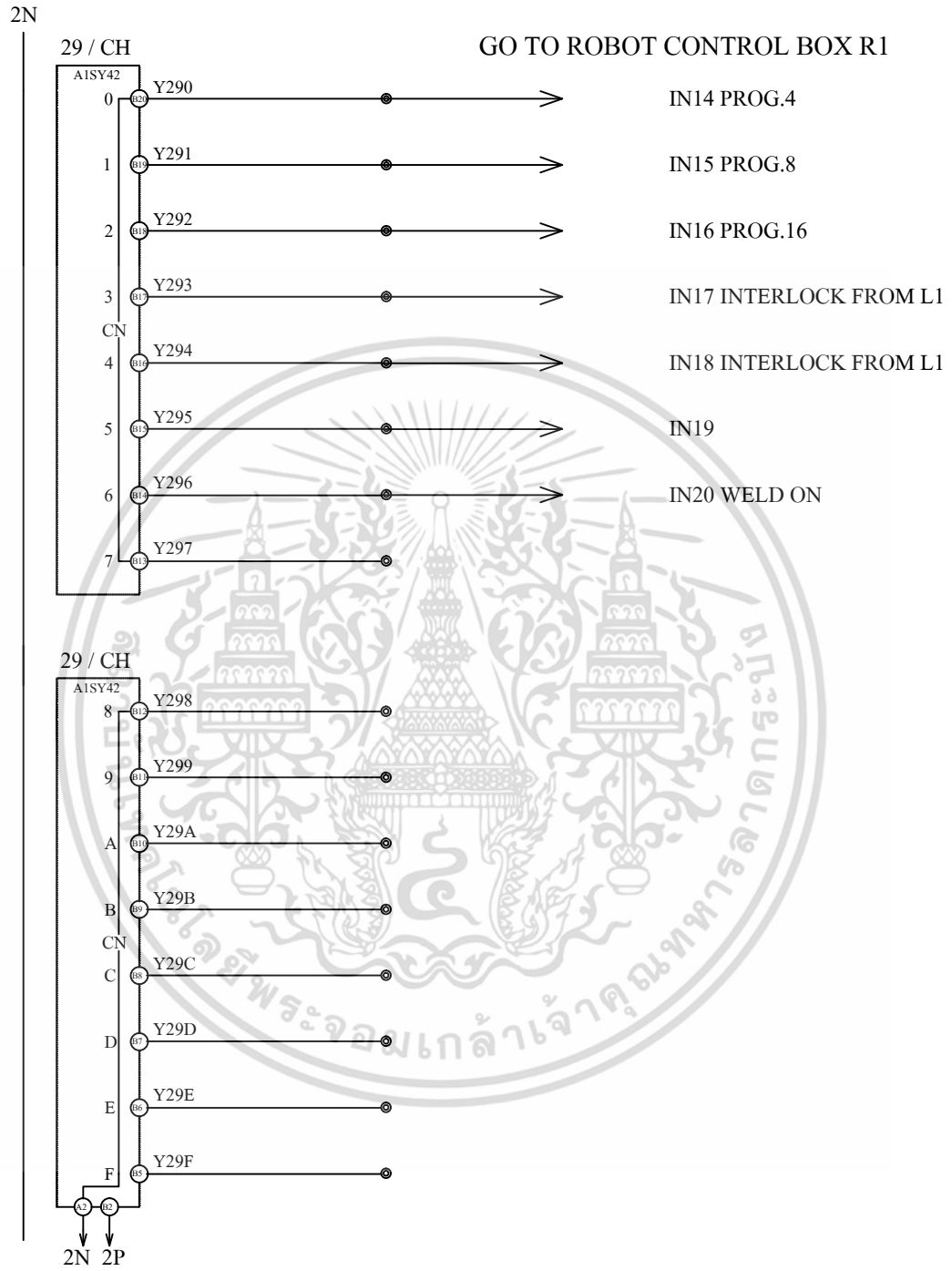
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



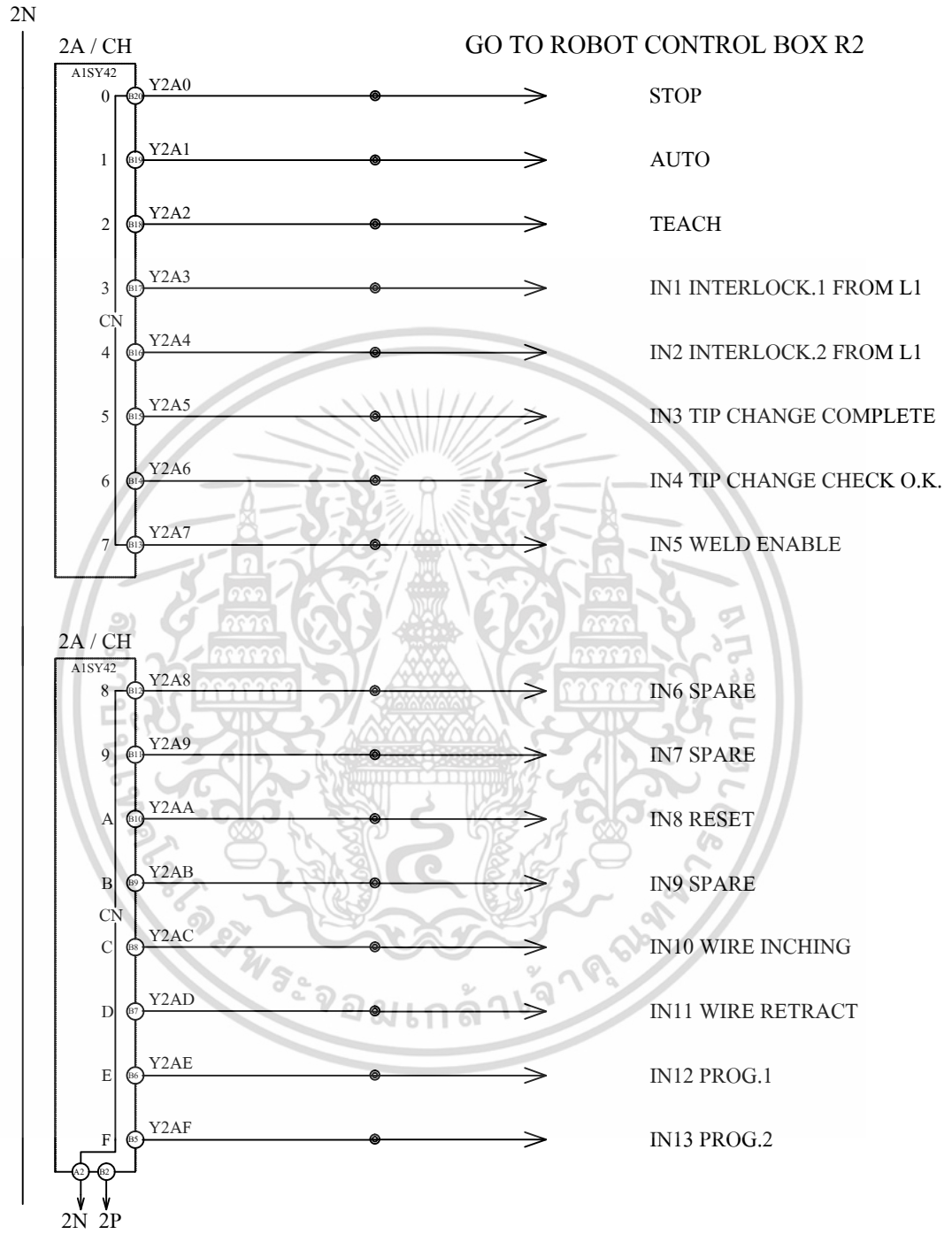
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



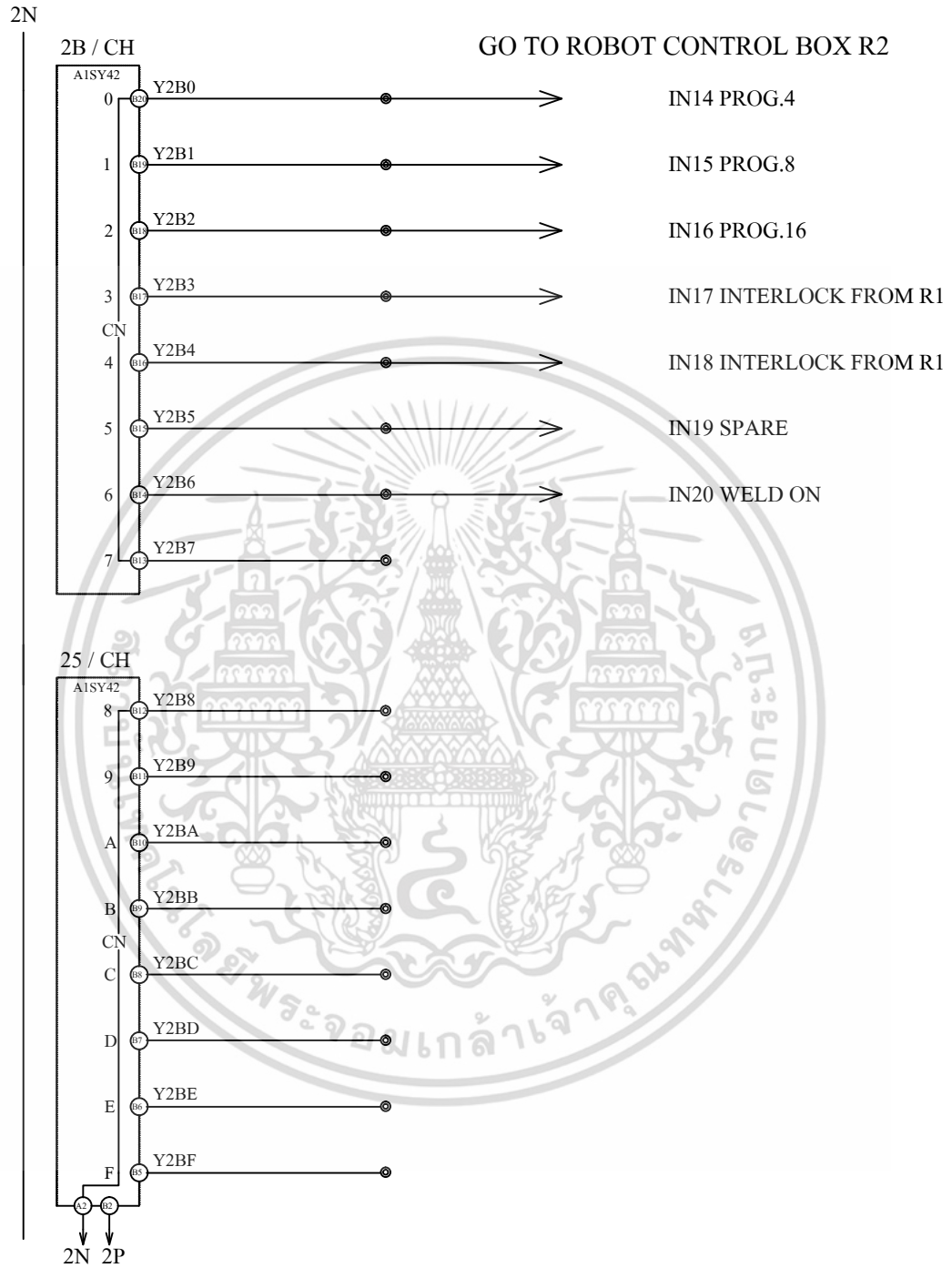
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



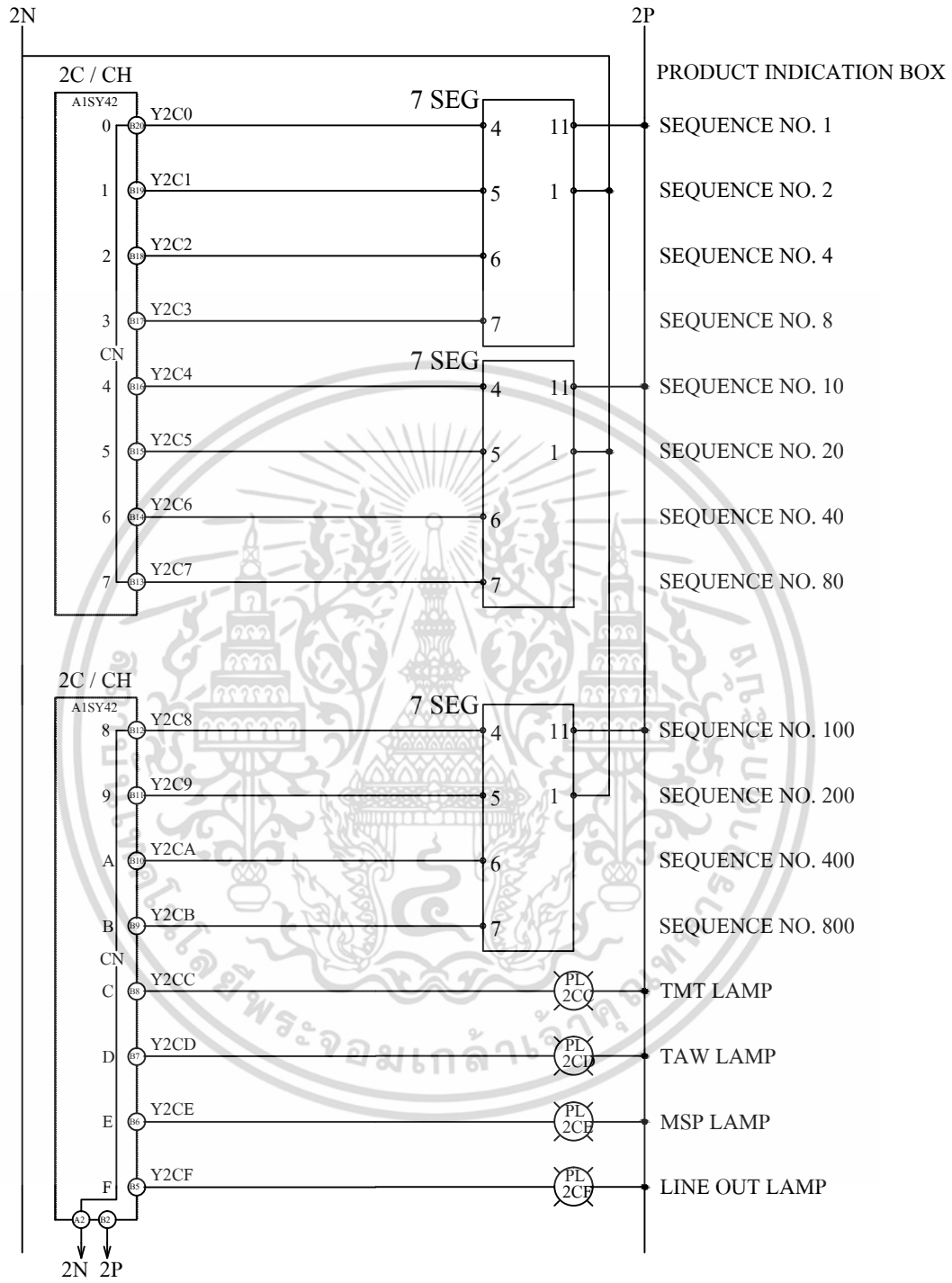
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



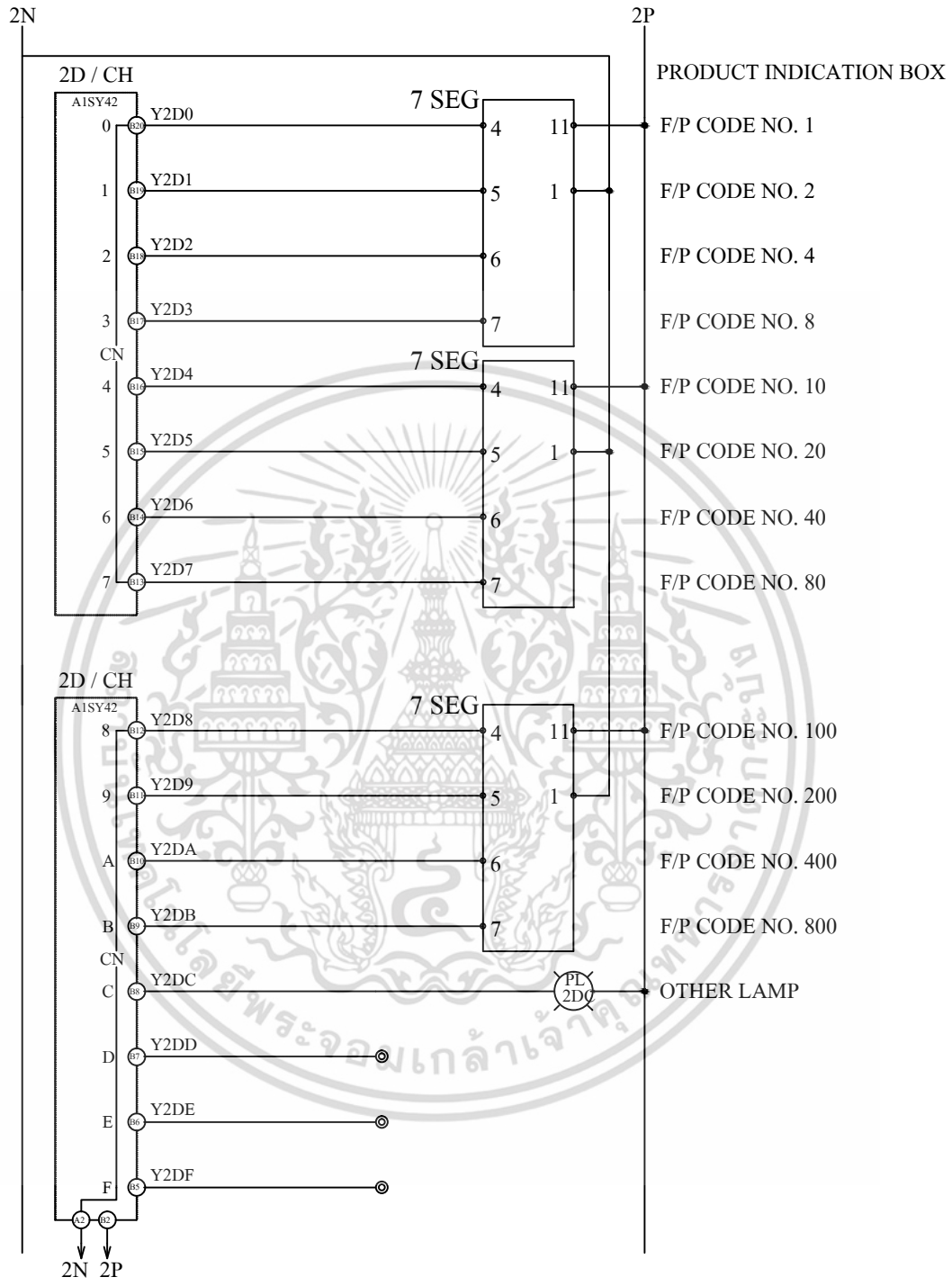
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D42

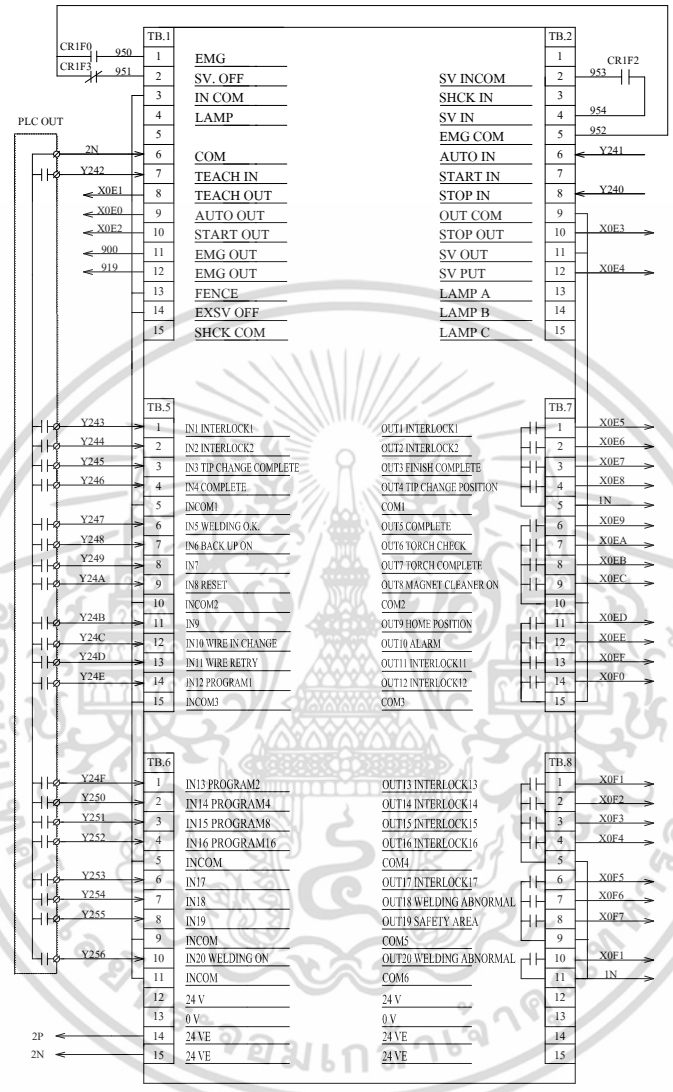
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



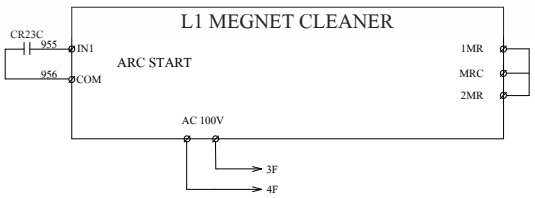
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PLC CONNECTION				HWD. D43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L1 ROBOT CONTROL BOARD



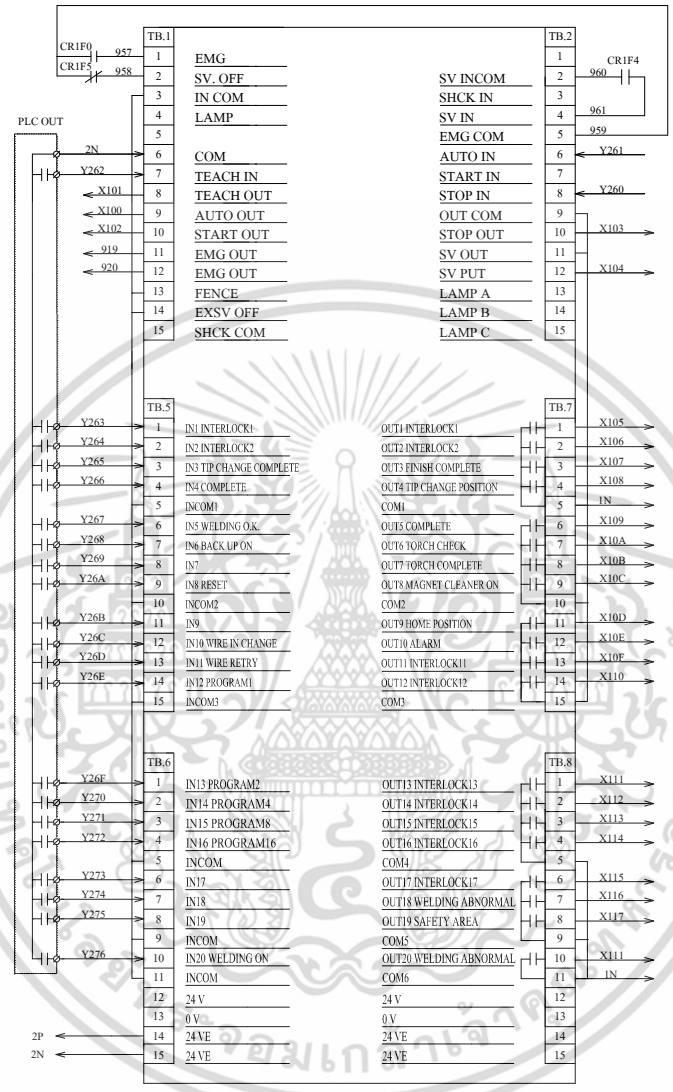
*TB6 12-14, 13-15 JUMPPER CUT



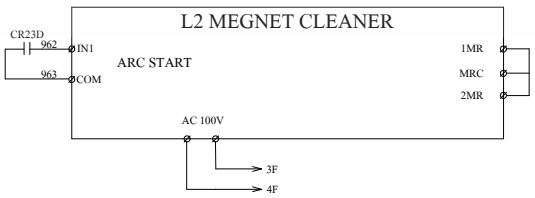
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	ROBOT CONNECTION				HWD. E1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L2 ROBOT CONTROL BOARD



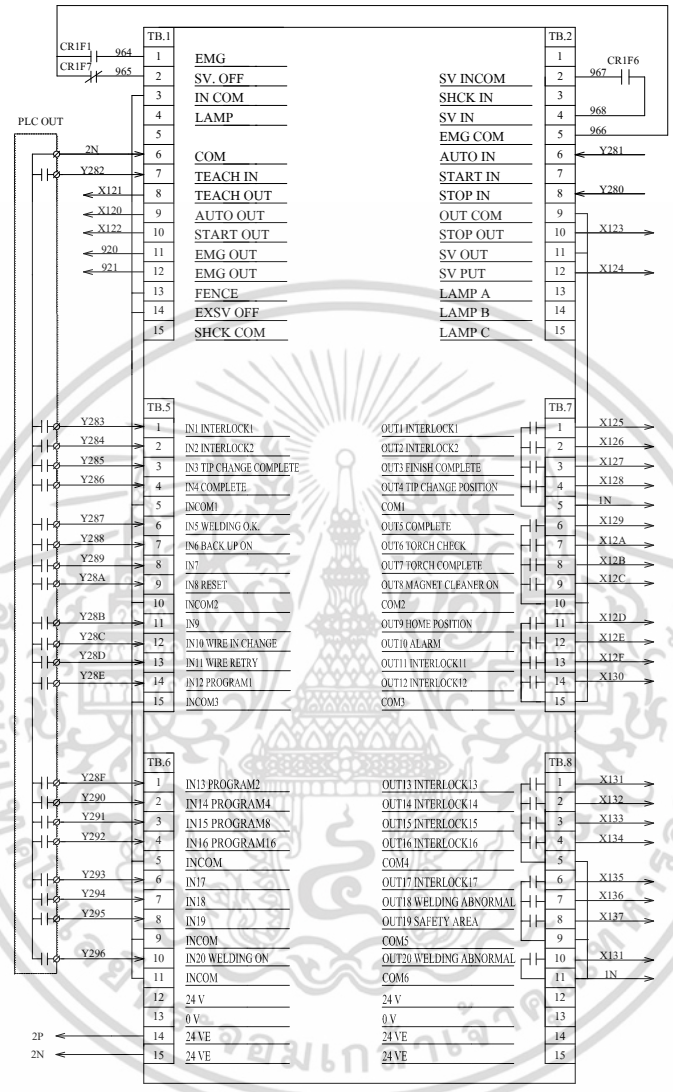
*TB6 12-14, 13-15 JUMPPER CUT



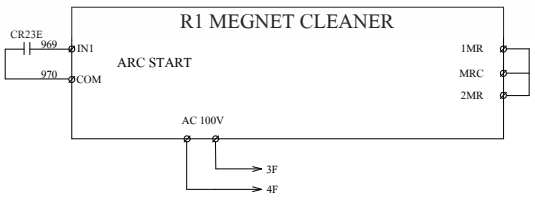
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	ROBOT CONNECTION				HWD. E2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R1 ROBOT CONTROL BOARD



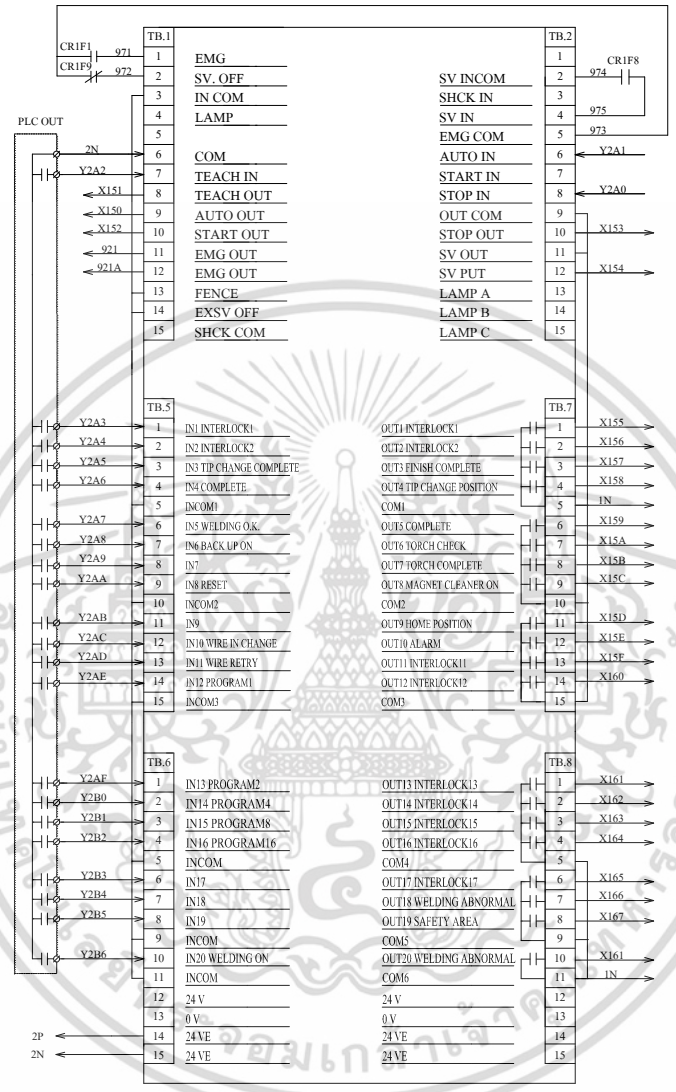
*TB6 12-14, 13-15 JUMPPER CUT



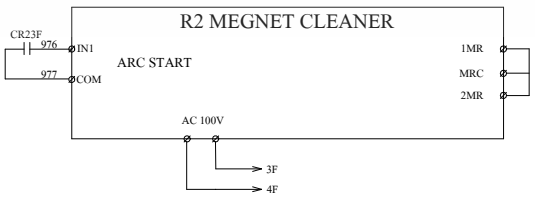
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	ROBOT CONNECTION				HWD. E3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R2 ROBOT CONTROL BOARD

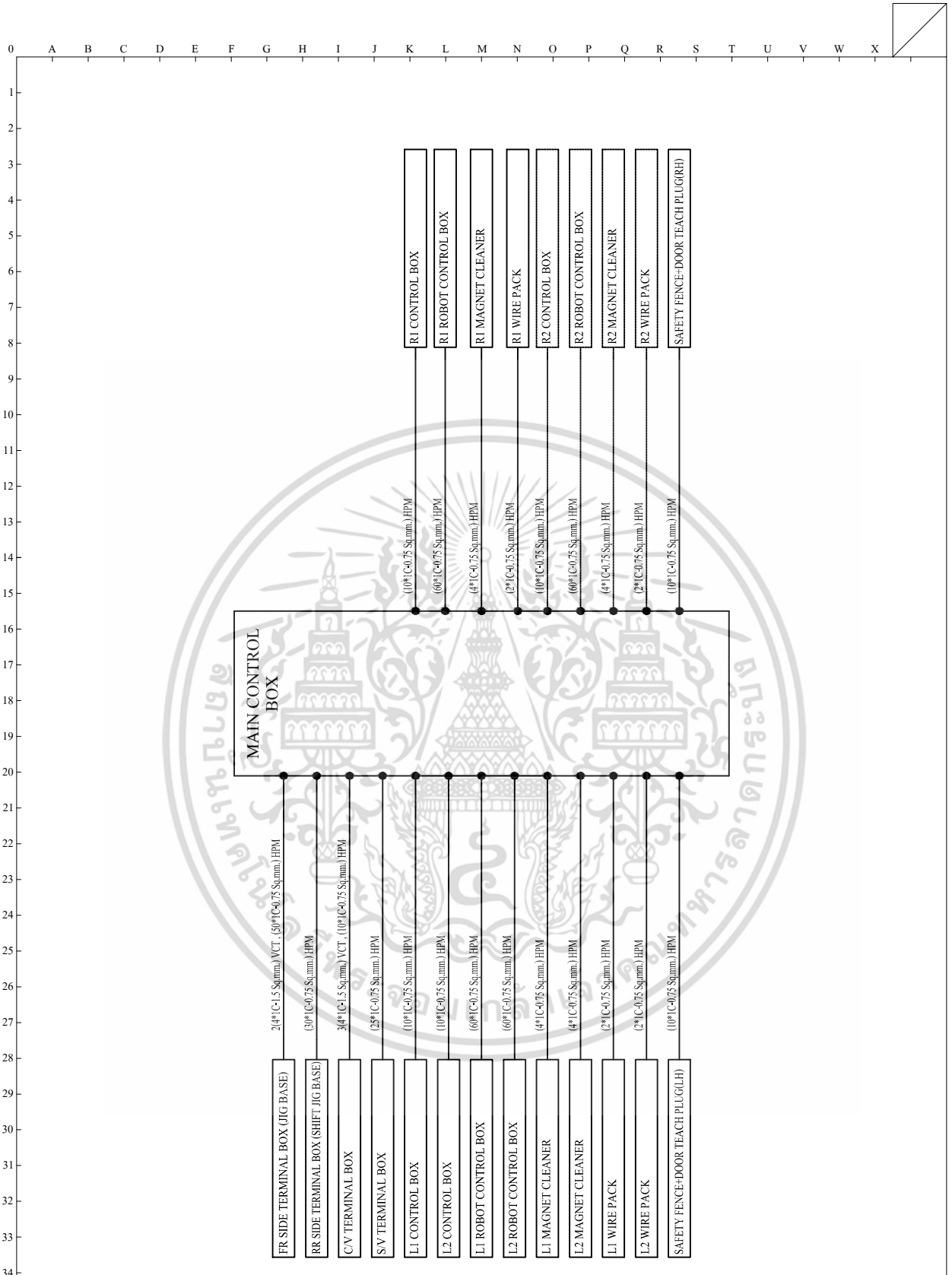


*TB6 12-14, 13-15 JUMPPER CUT



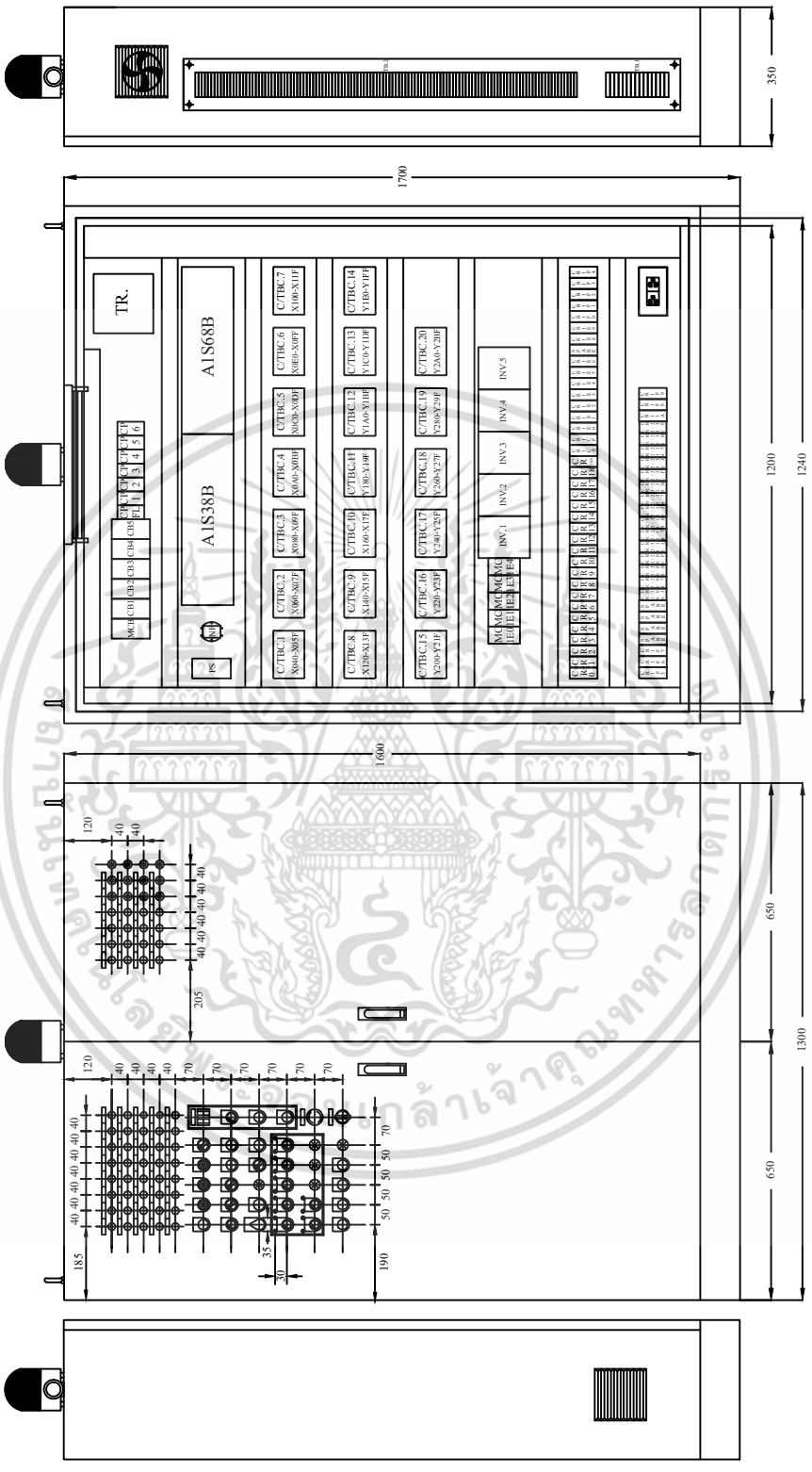
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	ROBOT CONNECTION				HWD. E4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



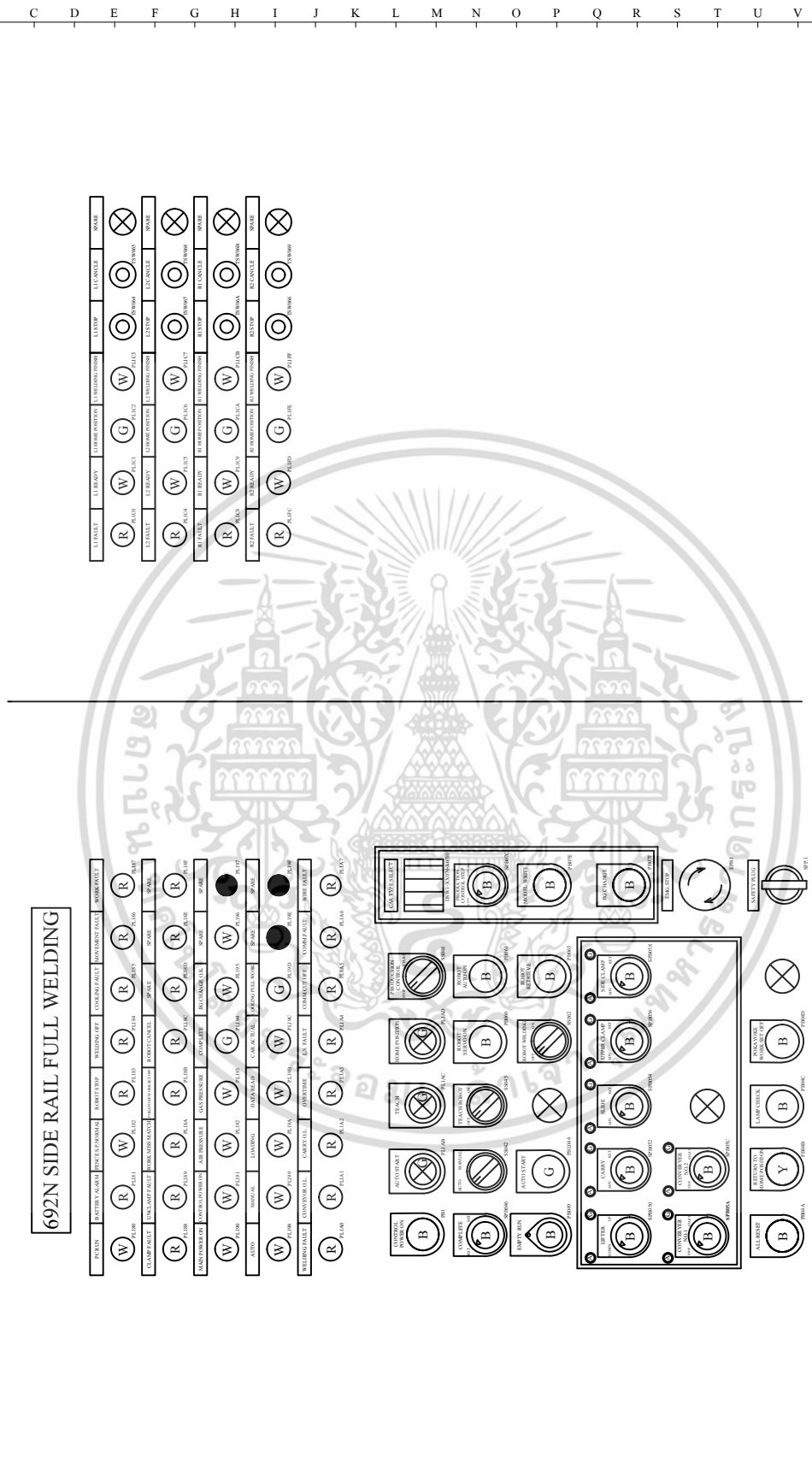
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	PANEL LAYOUT				HWD. F1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



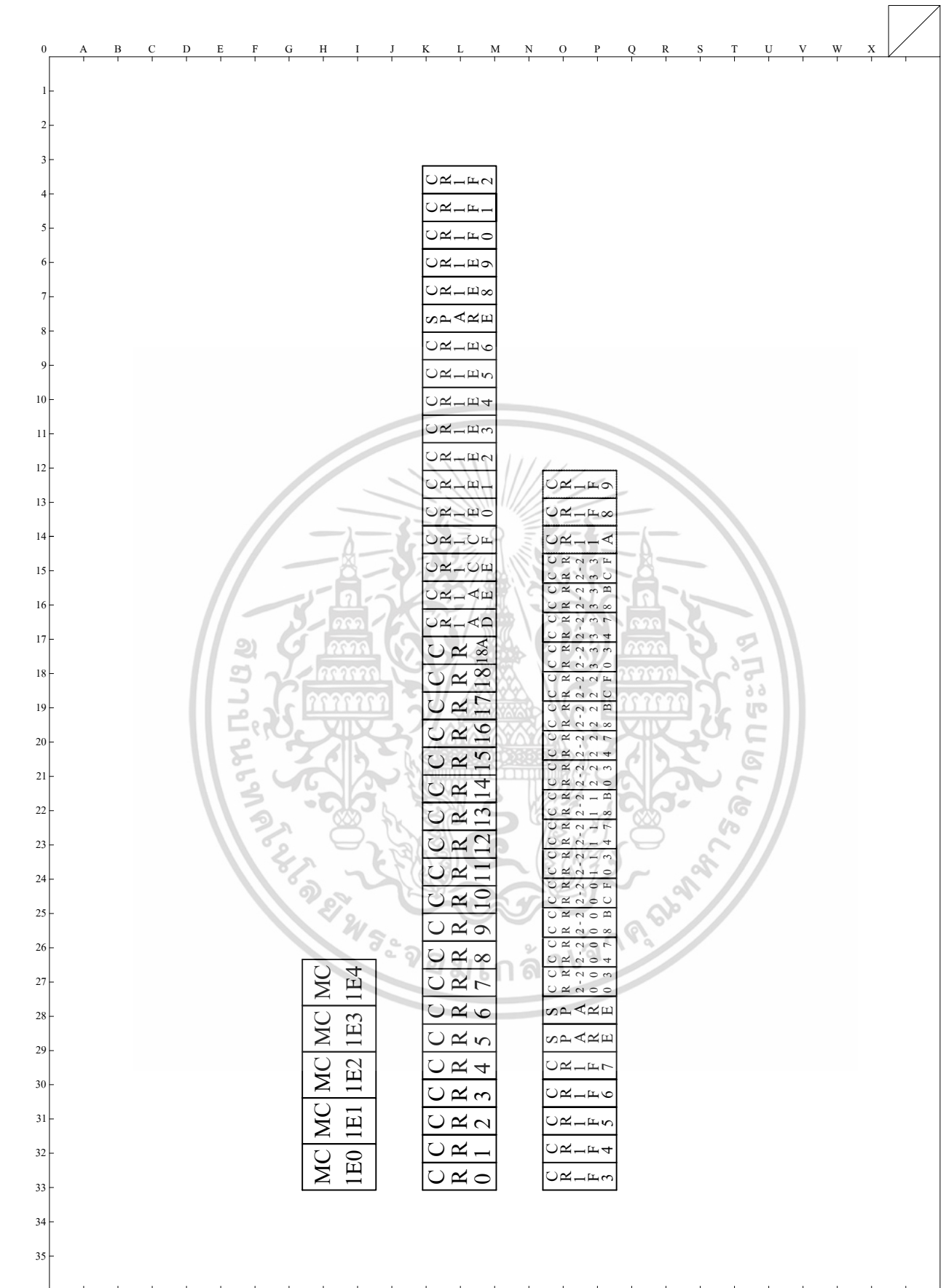
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



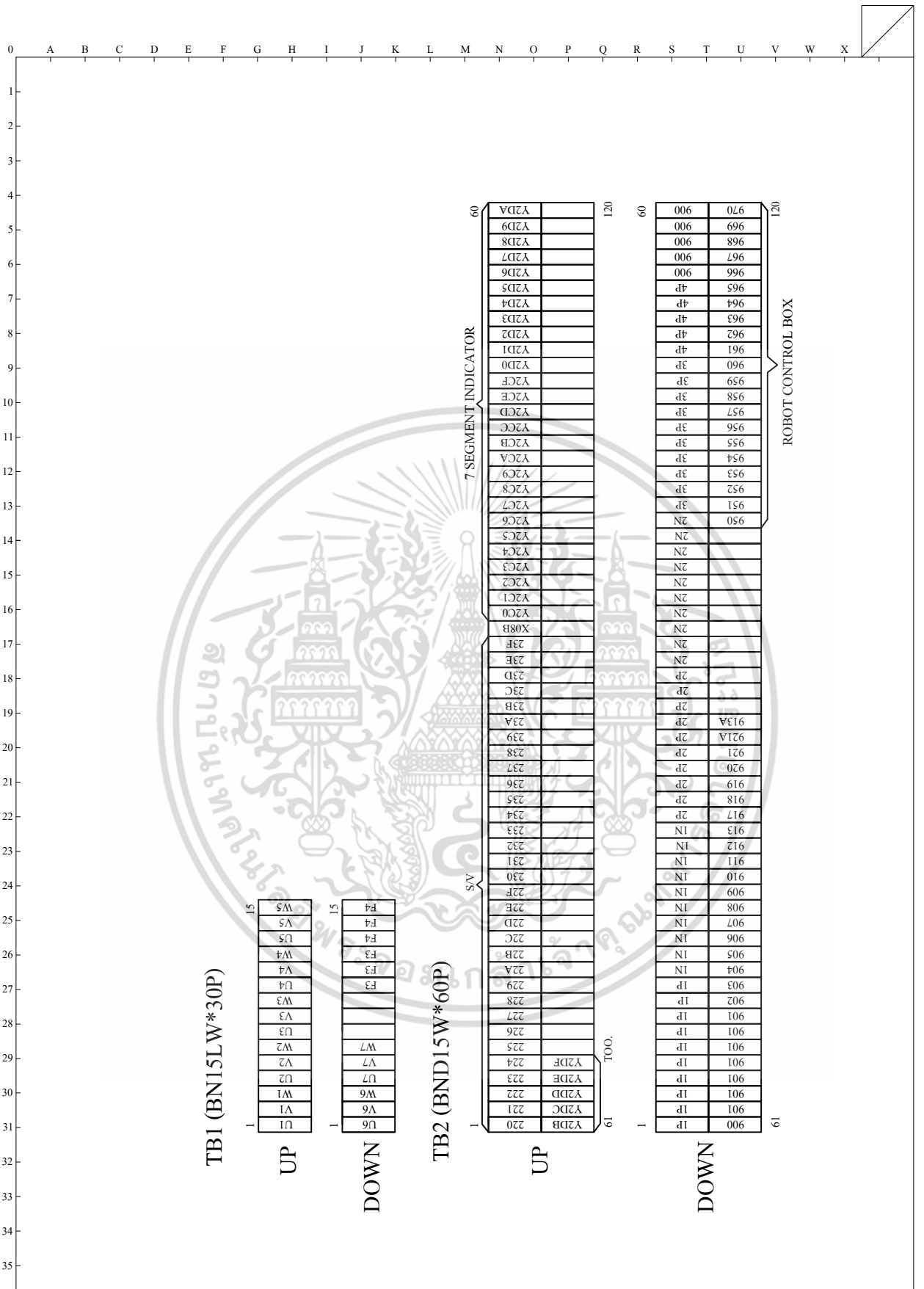
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



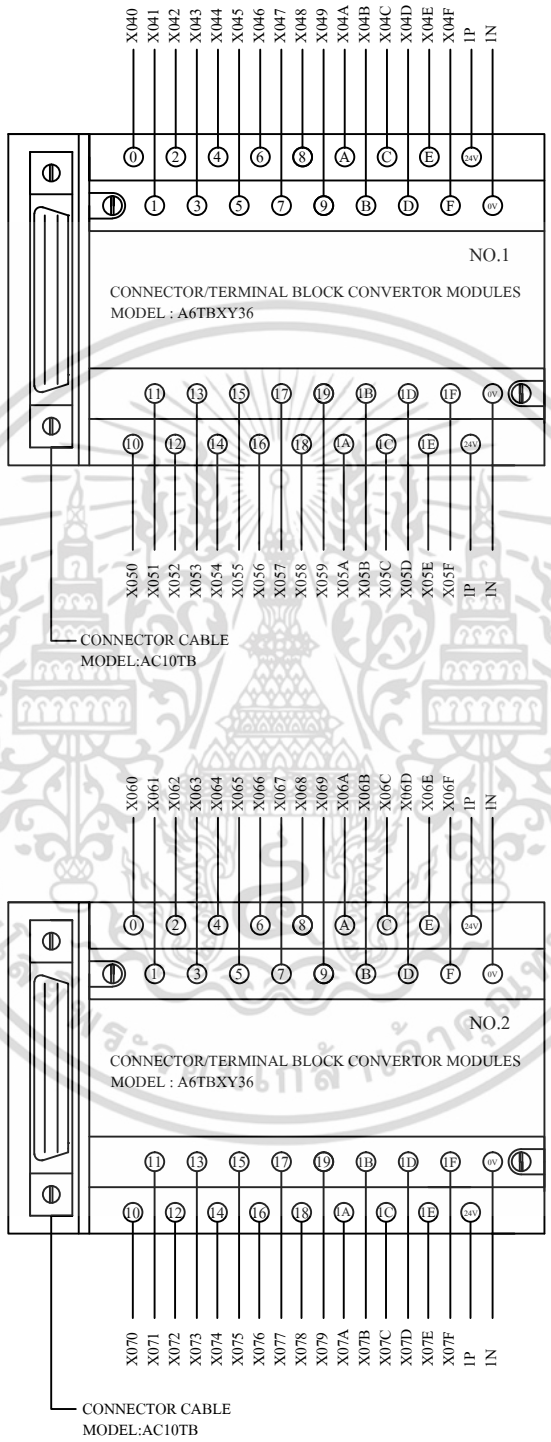
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



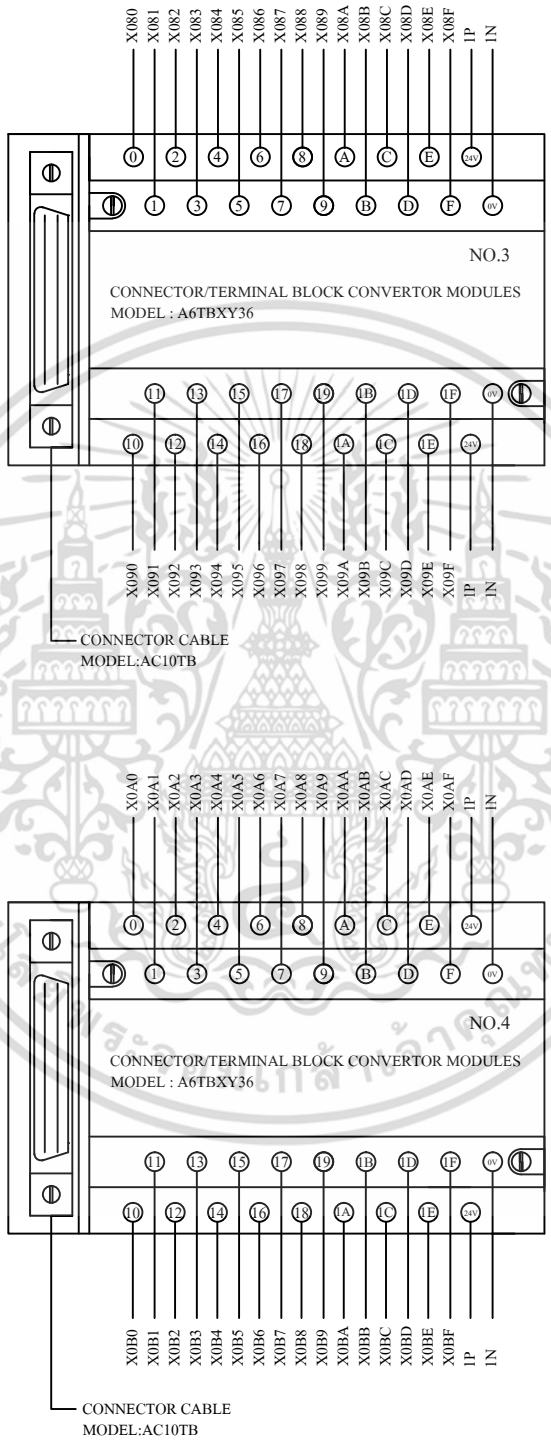
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



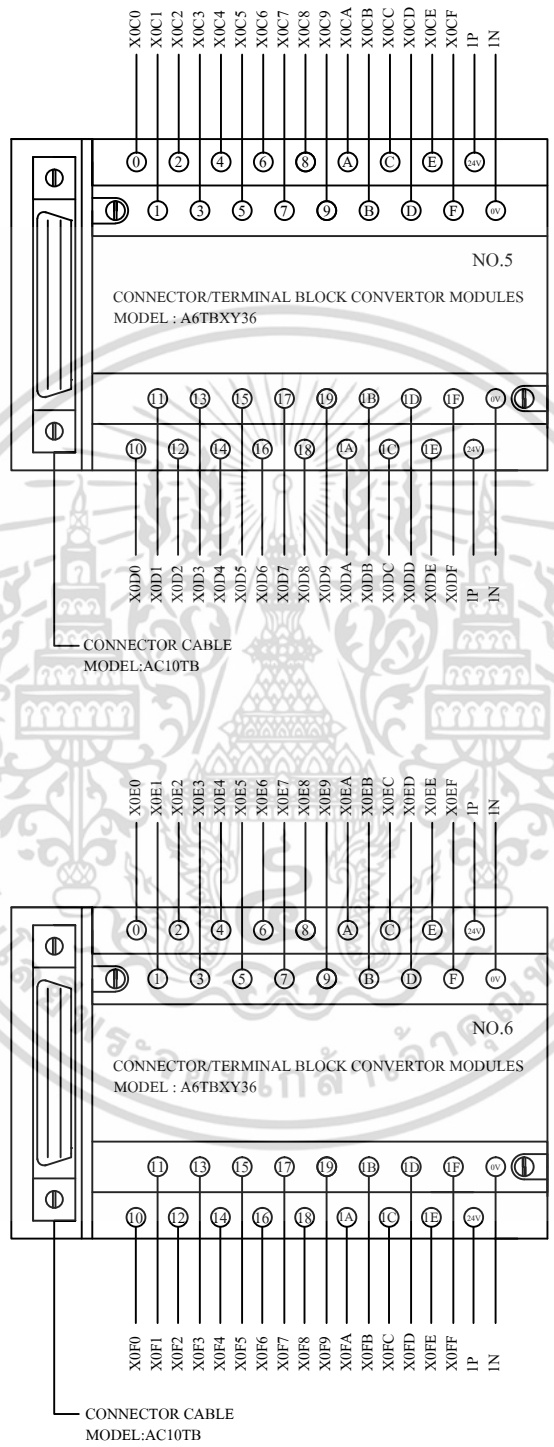
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



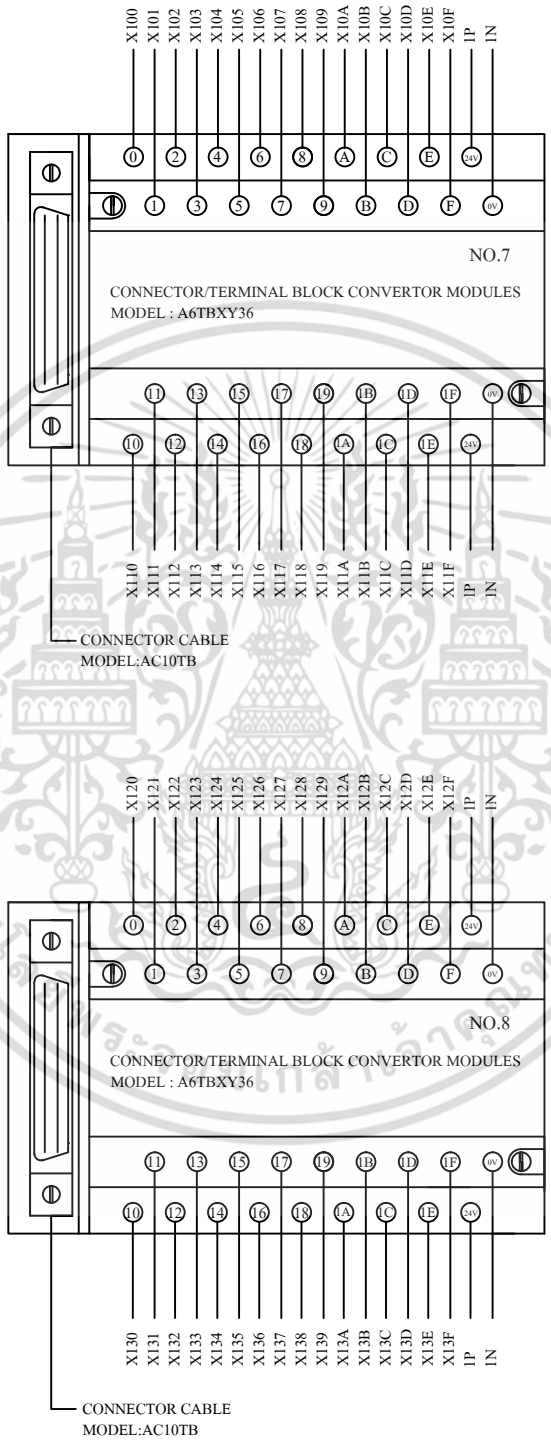
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



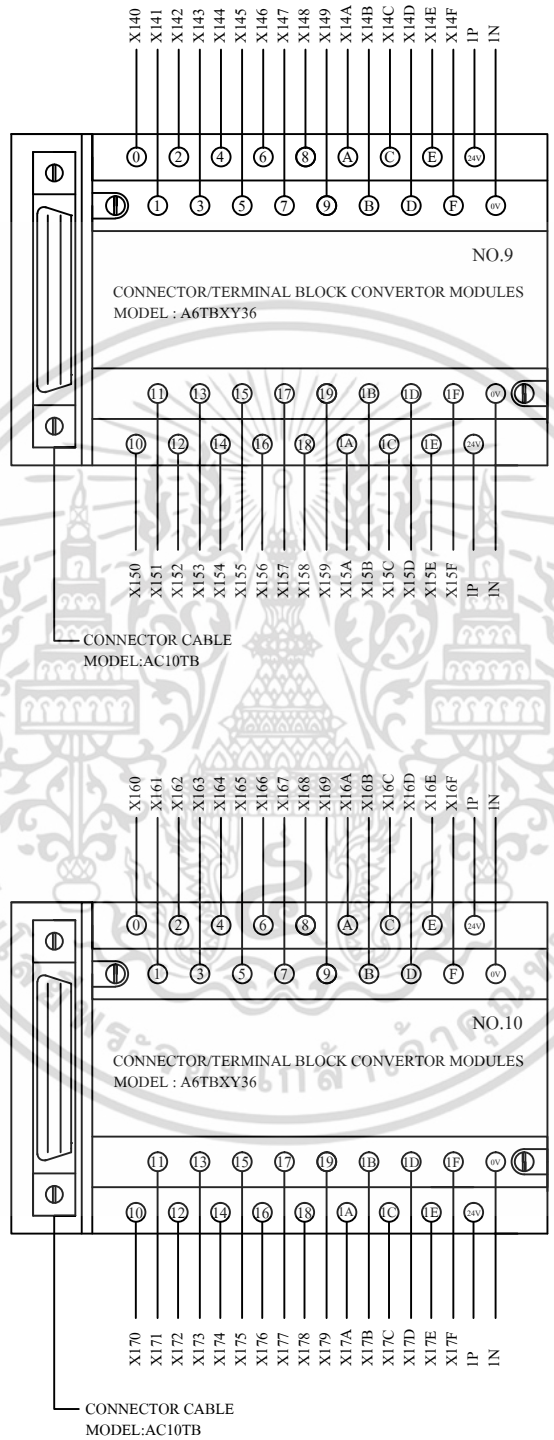
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



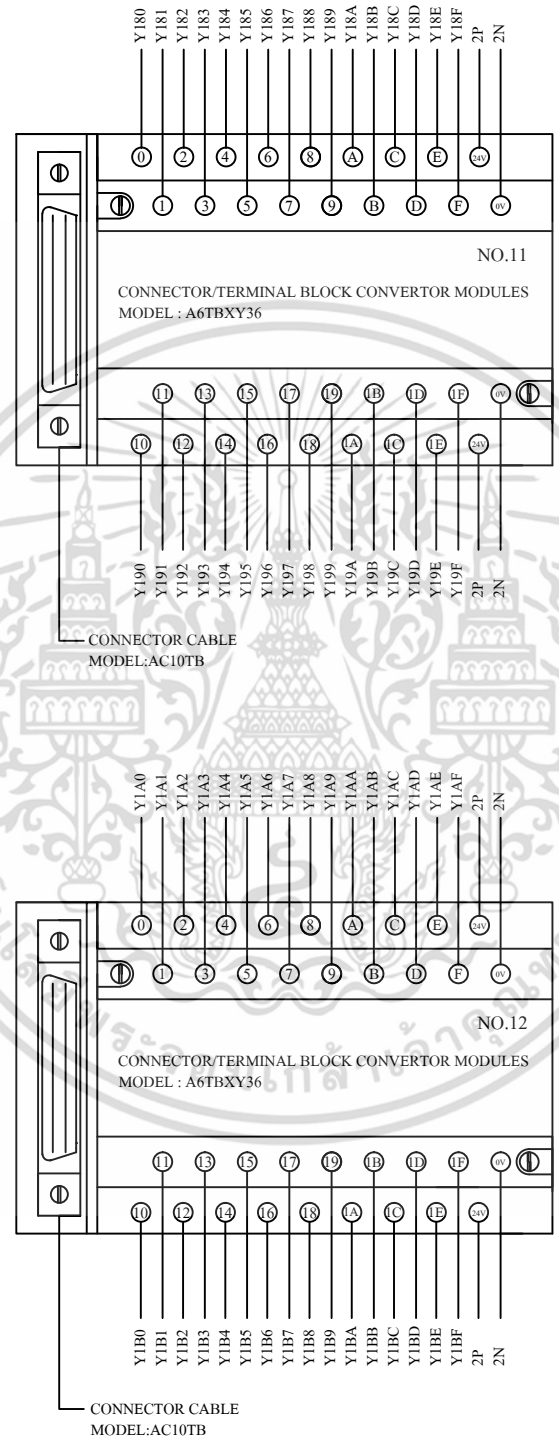
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



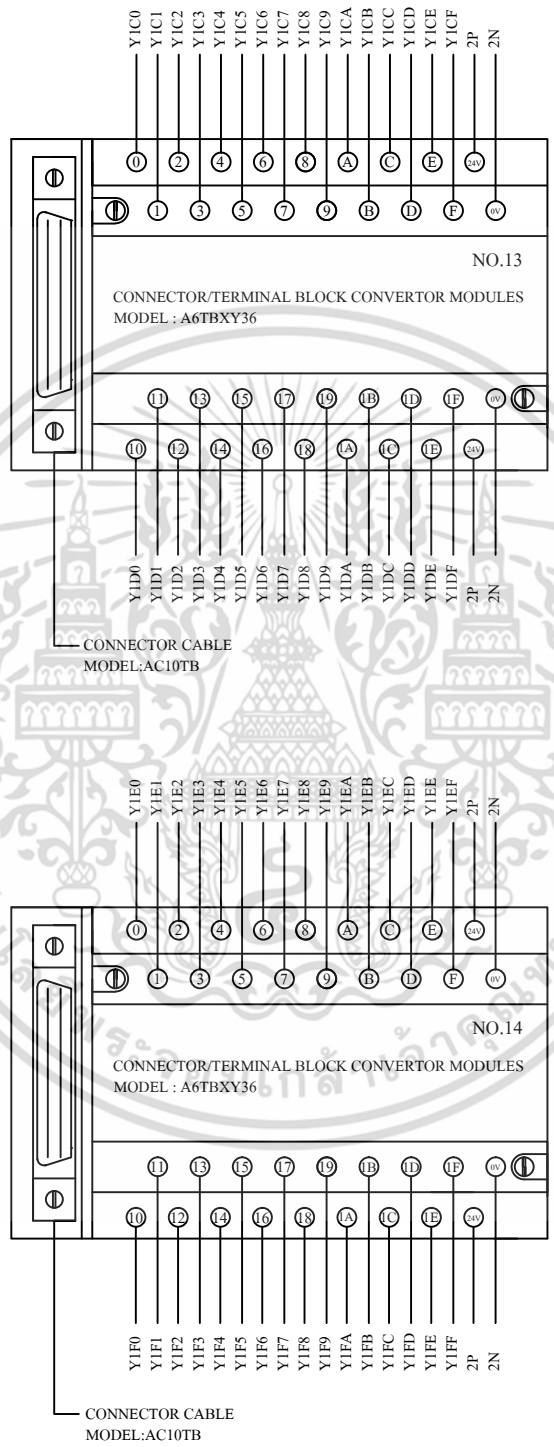
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



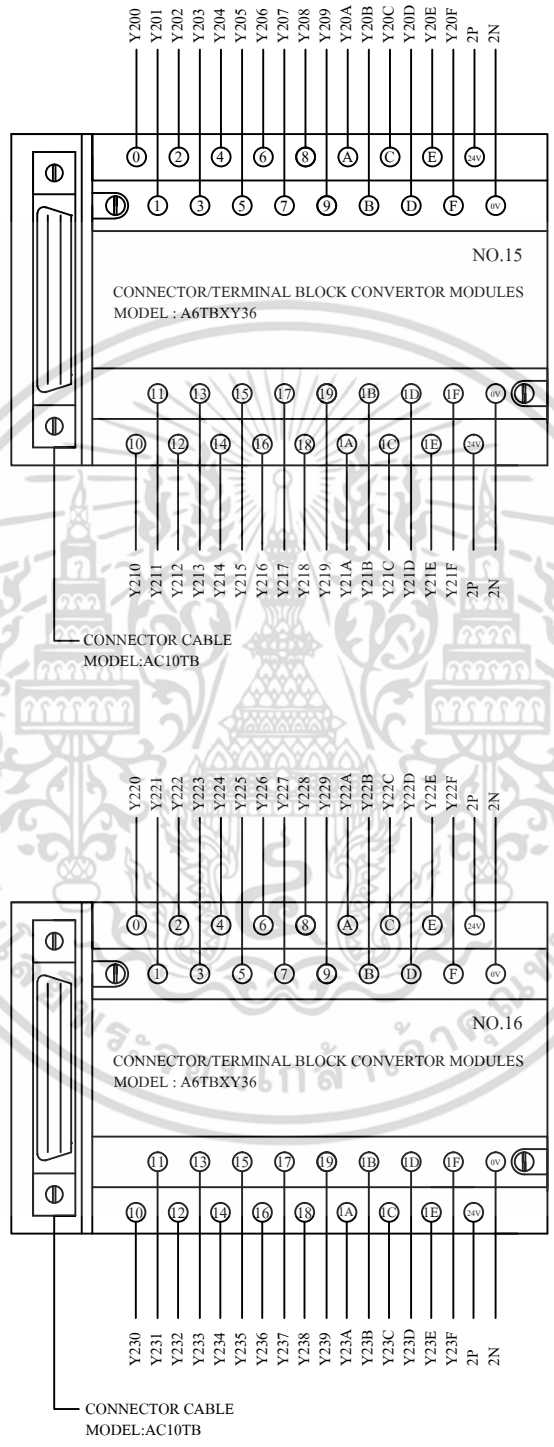
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



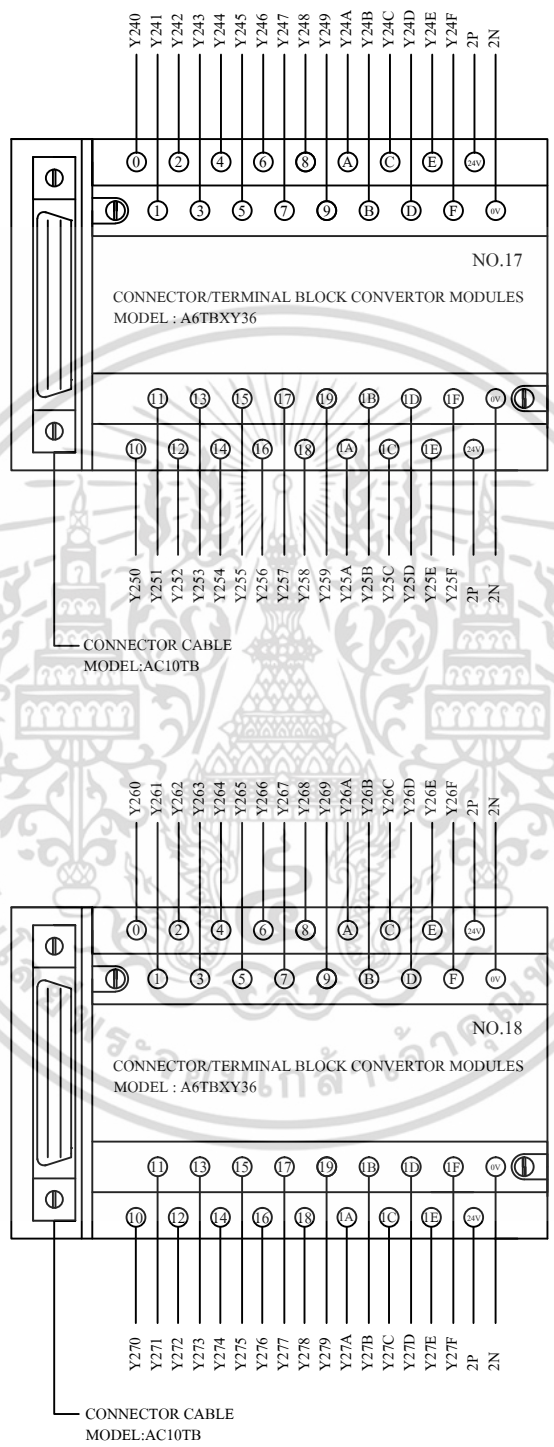
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



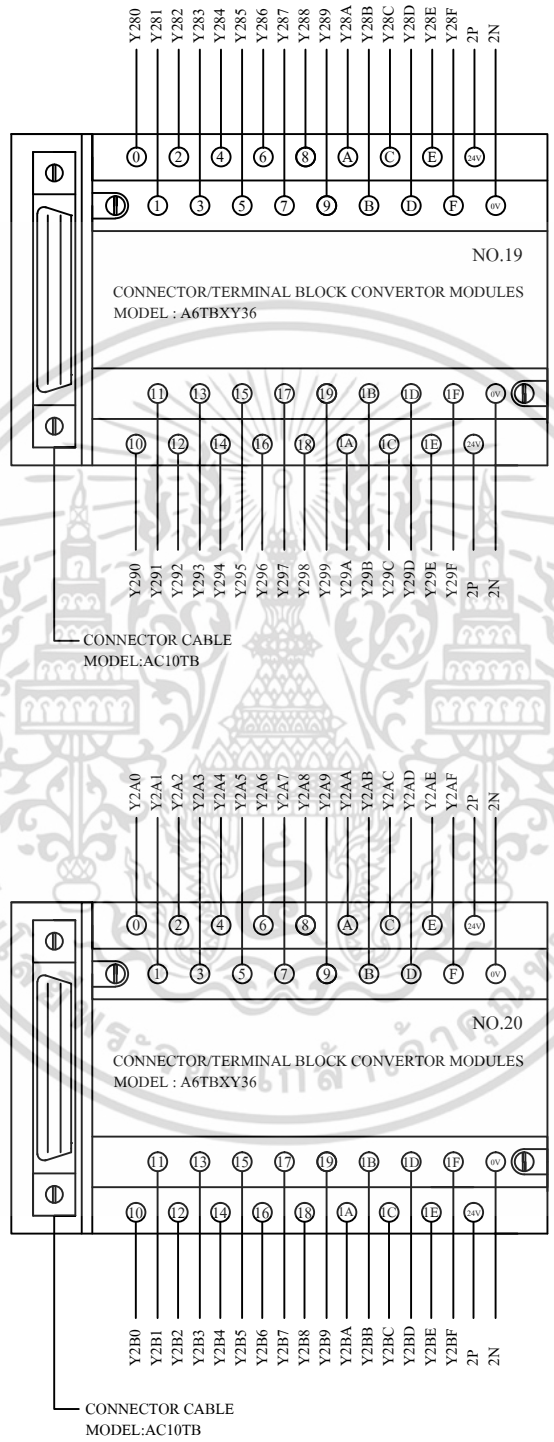
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



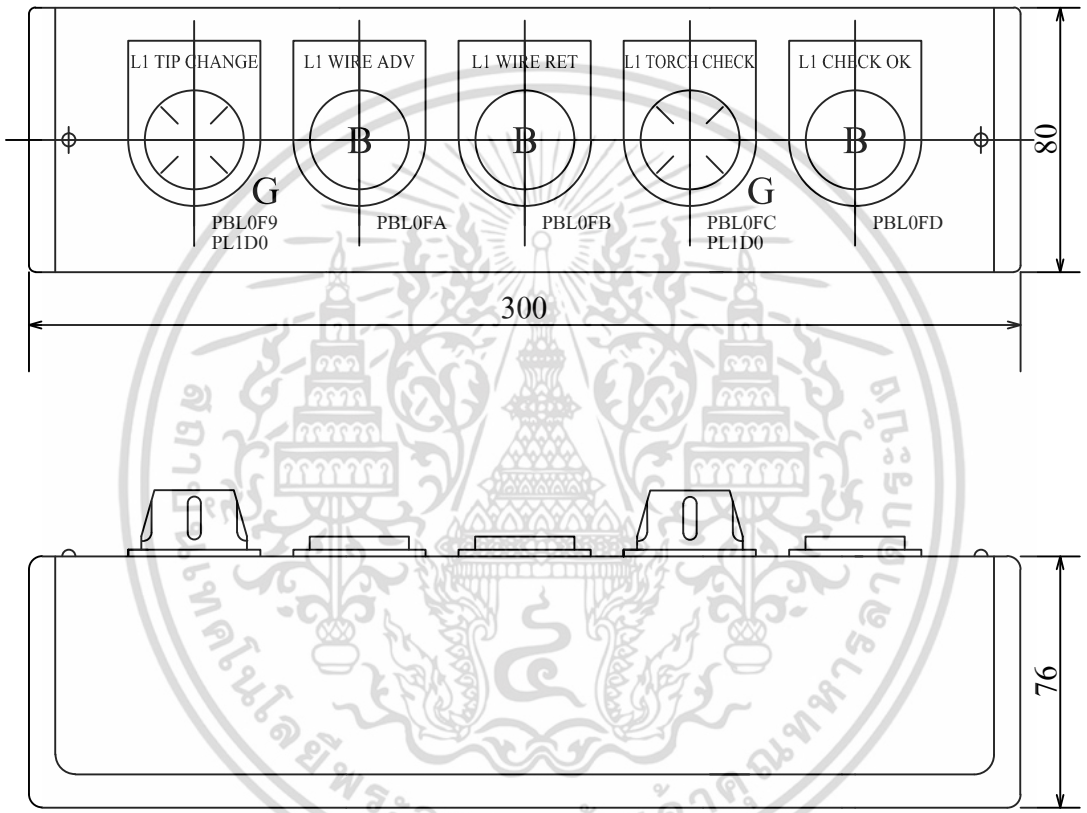
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



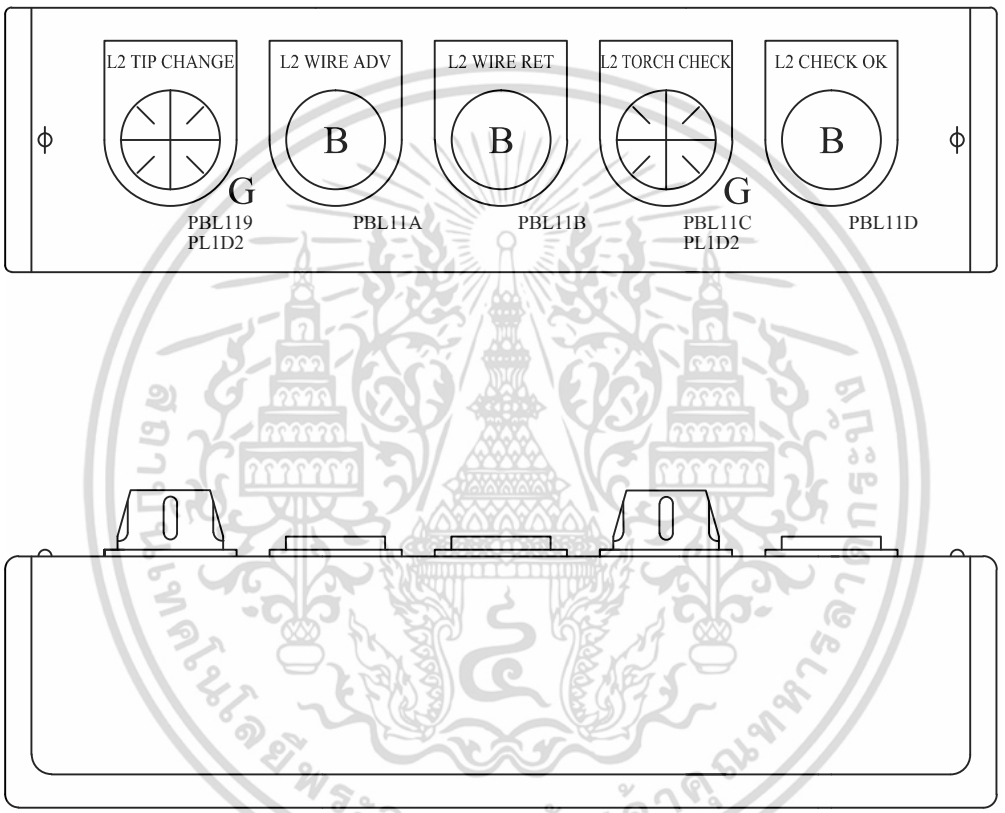
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △	MAIN CONTROL PANEL				HWD. G14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



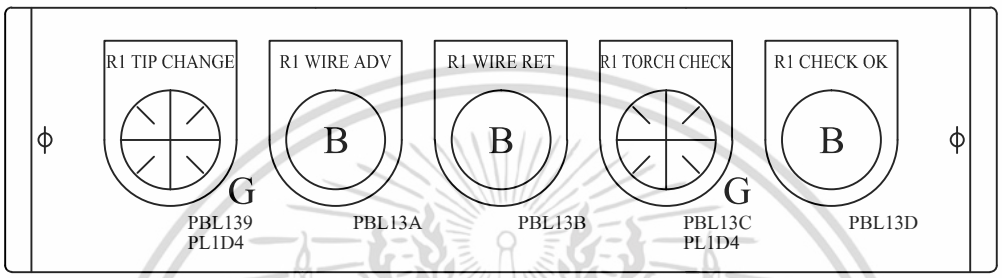
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	CONTROL BOX				HWD. R1

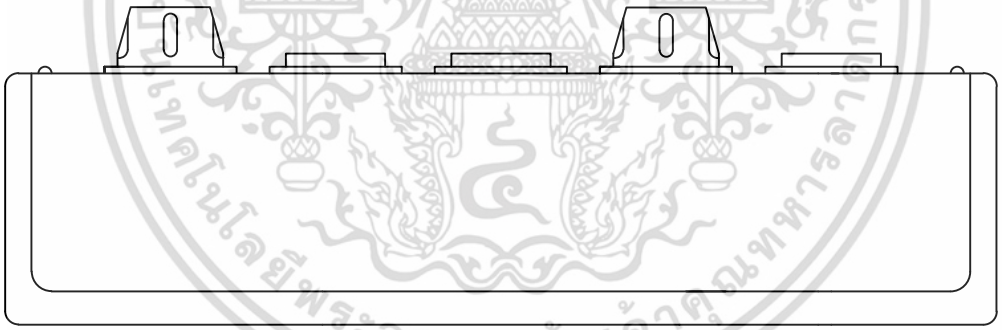
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	CONTROL BOX				HWD. R2

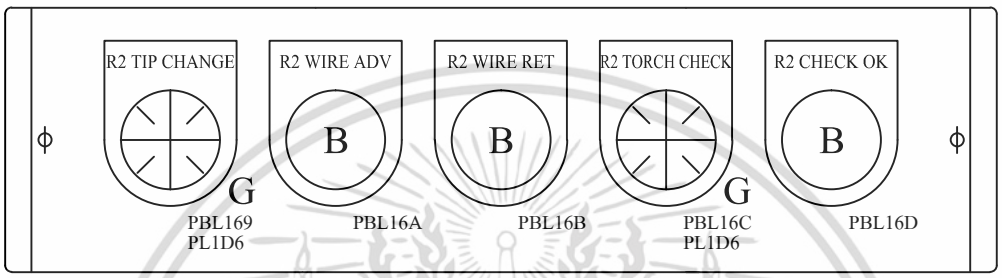
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

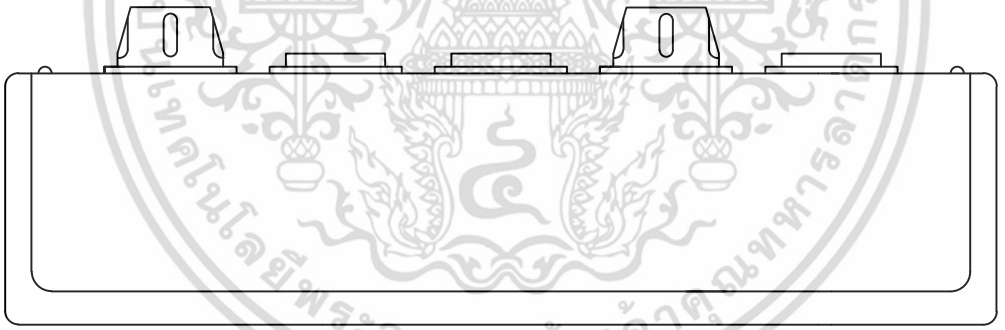




CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	CONTROL BOX				HWD. R3

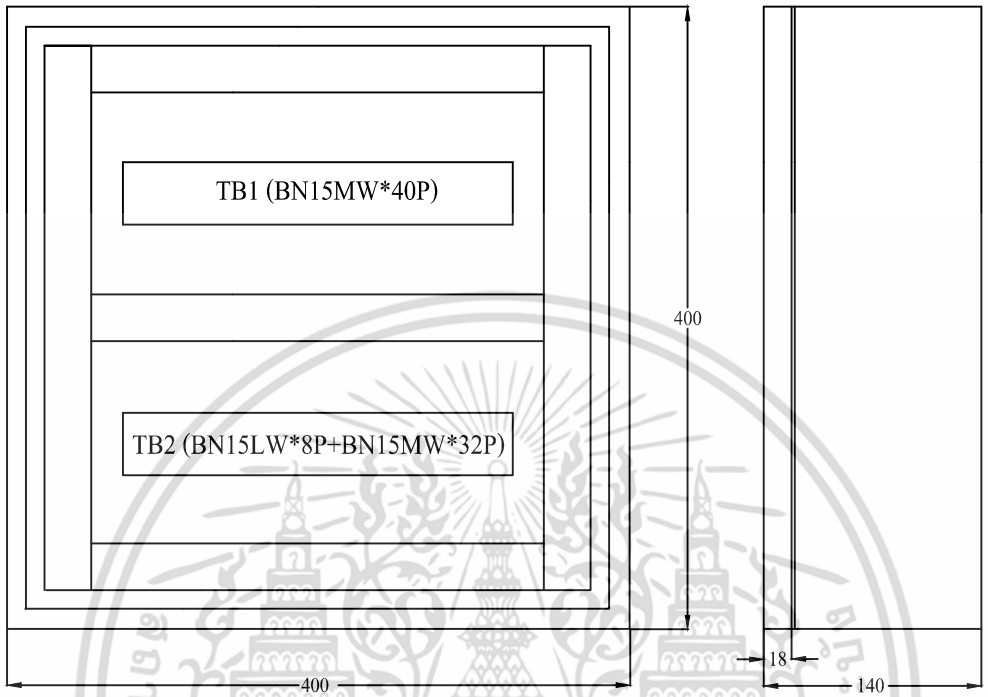
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	CONTROL BOX				HWD. R4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TB1 (BN15MW*40P)

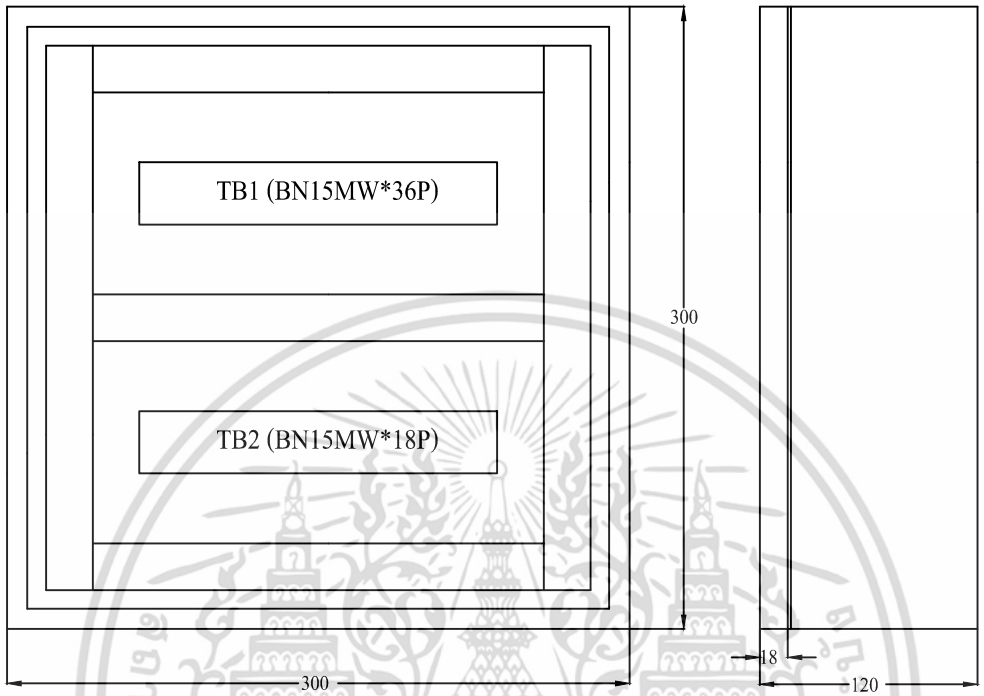
DOWN	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	
UP	X090	X091	X092	X093	X094	X095	X096	X097	X098	X099	X09A	X09B	X09C	X09D	X09E	X09F	X0B0	X0B1	X0B2	X0B3			

TB2 (BN15LW*8P+BN15MW*32P)

DOWN	U5	V5	W5	BKM5C	BKM5D								X0B4	X0B5	X0B6	X0B7	X0C0	X0C1	X0C2	X0C3	X0C4	X0C5											
UP	U4	V4	W4	BKM4C	BKM4D			X0C6	X0C7	X0C8	X0C9	X0D0				X0D3	X0D7																	

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	TERMINAL BOX				HWD. S1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TB1 (BN15MW*36P)

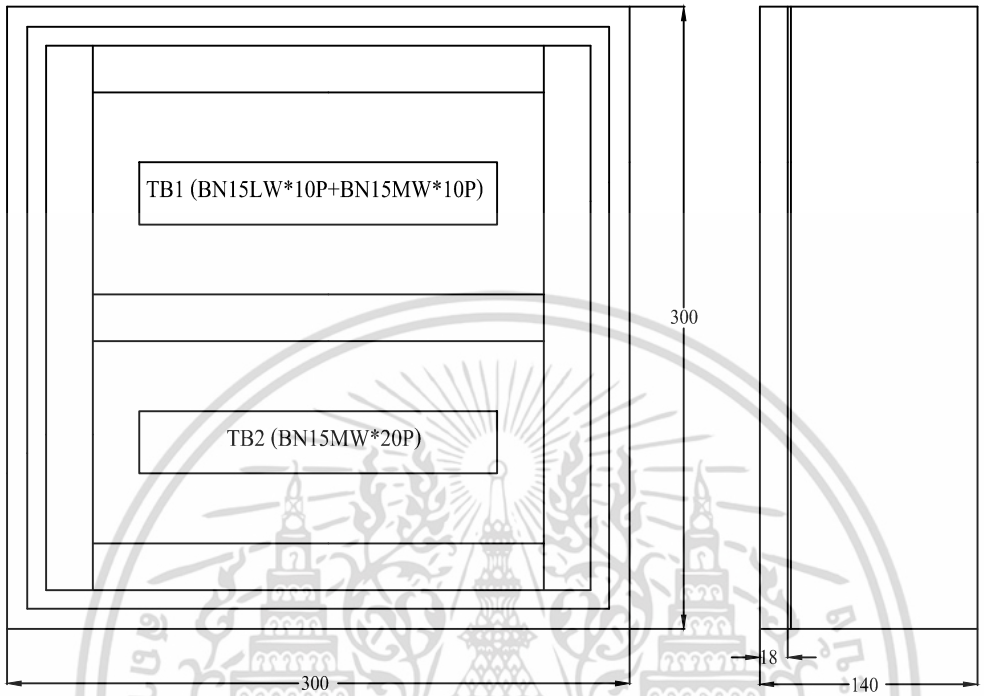
DOWN	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N				X0A0	X0A1	X0A2						
UP	X0A3	X0A4	X0A5	X0A6	X0A7	X0A8	X0A9	X0AA	X0AB	X0AC	X0AD	X0AE	X0AF	X0B8	X0B9	X0BA	X0BB	X0CA					

TB2 (BN15MW*18P)

X0CB	X0D4	X0D5																					

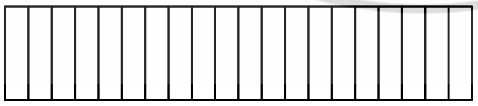
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	TERMINAL BOX				HWD. S2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



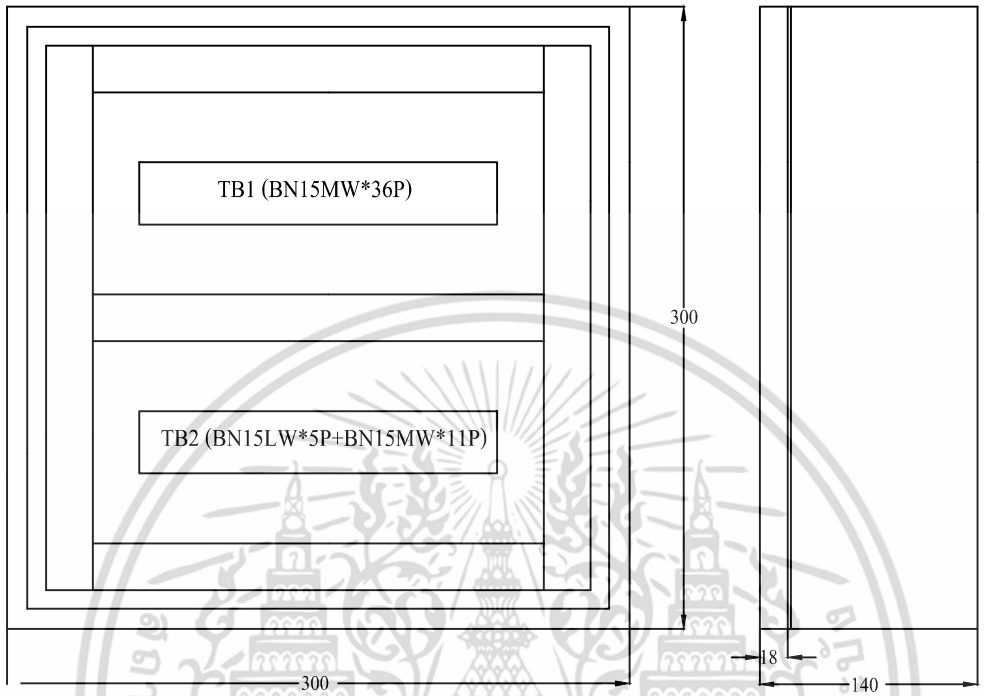
TB1 (BN15LW*10P)+BN15MW*10P)

TB2 (BN15MW*20P)



CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	TERMINAL BOX				HWD. S3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TB1 (BN15LW*10P+BN15MW*10P)

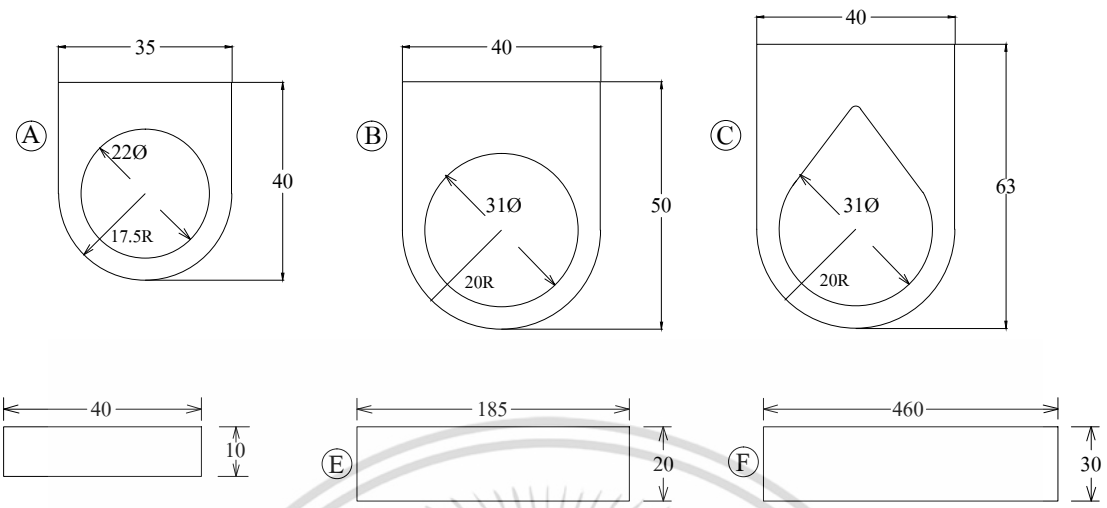
DOWN	1N	1N	1N	3P	3P	3P	3P	3P	3P	3P	3P	3P	3P						
UP	900	902	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	22A	22B	22C	22D	22E	22F	

TB2 (BN15LW*5P+BN15MW*11P)

U1	V1	W1	E		X0CC	X0CD	X0D6	X0D7						

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	TERMINAL BOX				HWD. S4

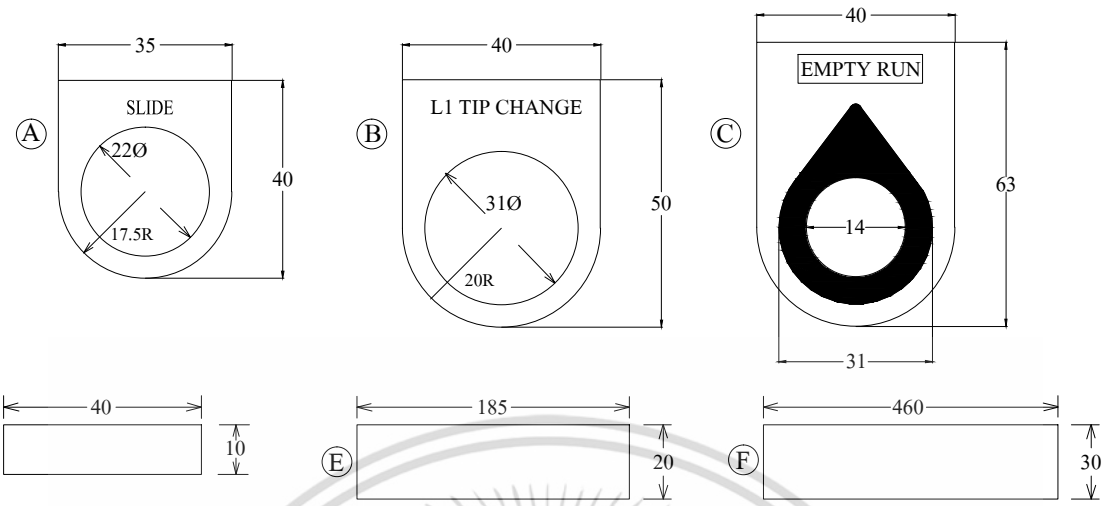
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NO	NAME	QTY	NO	NAME	QTY
Ⓐ	CONTROL POWER ON	1	Ⓐ	LIFTER ADV-RET	1
Ⓐ	MANUAL-AUTO	1	Ⓐ	CARRY ADV-RET	1
Ⓐ	TEACH	2	Ⓐ	SLIDE ADV-RET	1
Ⓐ	TEACH ROBOT OFF-ON	1	Ⓐ	UPPER ADV-RET	1
Ⓐ	HOME POSITION	2	Ⓐ	SIDE ADV-RET	1
Ⓐ	AUTO START	1	Ⓐ	CONVEYOR NO.2 STOP-START	1
Ⓐ	ROBOT RETREVE	1	Ⓐ	HOME POSITION	1
Ⓐ	ROBOT SERVO ON	1	Ⓑ	L1 TIP CHANGE	1
Ⓐ	ROBOT AUTO ON	1	Ⓑ	L1 WIRE ADV	1
Ⓐ	COMPLETE RST-SET	1	Ⓑ	L1 WIRE RET	1
Ⓐ	PROD.CONTROL STOP-START	1	Ⓑ	L1 TORCH CHECK	1
Ⓐ	ROBOT WELDING ON-OFF	1	Ⓑ	L1 CHECK O.K.	1
Ⓐ	MODEL WHITE	1	Ⓑ	L2 TIP CHANGE	1
Ⓐ	EMG.STOP RESET	1	Ⓑ	L2 WIRE ADV	1
Ⓐ	ALL RESET	1	Ⓑ	L2 WIRE RET	1
Ⓐ	BUZZER STOP	1	Ⓑ	L2 TORCH CHECK	1
Ⓐ	POKAYOKE WORK SET OFF	1	Ⓑ	L2 CHECK O.K.	1
Ⓐ	LAMP CHECK	1	Ⓑ	R1 TIP CHANGE	1
Ⓐ	JIG CHANGE	1	Ⓑ	R1 WIRE ADV	1
Ⓐ	PROD.CONTROL STEP AUTO-MANUAL	1	Ⓑ	R1 WIRE RET	1
Ⓐ	ASSIST		Ⓑ	R1 TORCH CHECK	1
			Ⓑ	R1 CHECK O.K.	1
			Ⓒ	EMPTY RUN	1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	NAMEPLATE LIST				HWD. T1

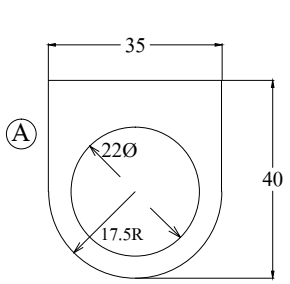
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

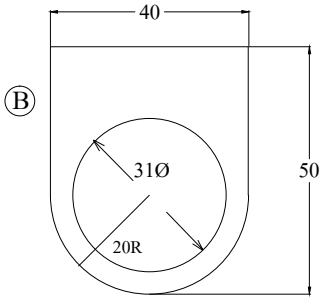


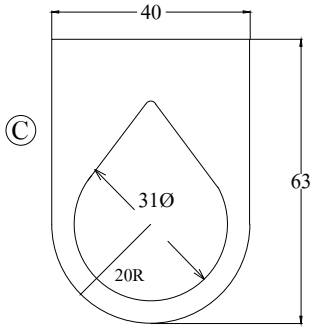
NO	NAME	QTY	NO	NAME	QTY
Ⓓ	EMG.STOP	1	Ⓓ	AUTO	1
Ⓓ	PC RUN	1	Ⓓ	MANUAL	1
Ⓓ	BAT ALARM	2	Ⓓ	LOADING	1
Ⓓ	S.P. NORMAL	1	Ⓓ	DATA READ	1
Ⓓ	FENCE S.P. NORMAL	2	Ⓓ	CAR ACTUAL	1
Ⓓ	ROBOT STOP	1	Ⓓ	COOLING FULL WORK	1
Ⓓ	WELDING OFF	1	Ⓓ	WELDING FAULT	1
Ⓓ	COOLING FAULT	1	Ⓓ	CO-2 FAULT	1
Ⓓ	MOVEMENT FAULT	1	Ⓓ	CARRY O.L.	1
Ⓓ	WORK FAULT	1	Ⓓ	OVER TIME	1
Ⓓ	CLAMP FAULT	1	Ⓓ	LS FAULT	1
Ⓓ	UN-CLAMP FAULT	1	Ⓓ	COMM. CUT OFF	1
Ⓓ	WORK MISS MATCH	1	Ⓓ	COMM. FAULT	1
Ⓓ	POKAYOKE WORK SET OFF	1	Ⓓ	WIRE FAULT	1
Ⓓ	ROBOT CANCLE	1	Ⓓ	SPARE	1
Ⓓ	BACK UP	1	Ⓓ	CAR TYPE SELECT	1
Ⓓ	MAIN POWER ON	1	Ⓓ	EMG.STOP	1
Ⓓ	CONTROL POWER ON	1	Ⓓ	SAFETY PLUG	1
Ⓓ	AIR PRESSURE NORMAL	1	Ⓓ	L1 FAULT	1
Ⓓ	GAS PRESSURE NORMAL	1	Ⓓ	L1 READY	1
Ⓓ	COMPLETE		Ⓓ	L1 HOME POSITION	1
Ⓓ	INTERLOCK1 O.K.		Ⓓ	L1 WELDING FINIT	1
Ⓓ	INTERLOCK2 O.K.		Ⓓ	L1 STOP	1

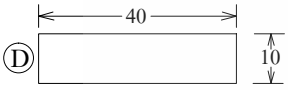
CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	NAMEPLATE LIST				HWD. T2

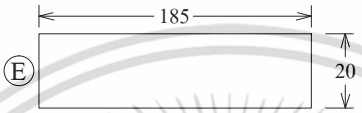
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

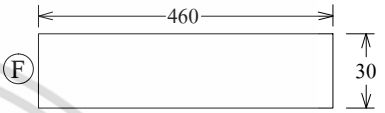












NO	NAME	QTY	NO	NAME	QTY
Ⓓ	L1 CANCLE	1	Ⓑ	R2 TIP CHANGE	1
Ⓓ	L2 FAULT	1	Ⓑ	R2 WIRE ADV	1
Ⓓ	L2 READY	1	Ⓑ	R2 WIRE RET	1
Ⓓ	L2 HOME POSITION	1	Ⓑ	R2 TORCH CHECK	1
Ⓓ	L2 WELDING FINIT	1	Ⓑ	R2 CHECK O.K.	1
Ⓓ	L2 STOP	1	Ⓓ	R2 FAULT	1
Ⓓ	L2 CANCLE	1	Ⓓ	R2 READY	1
Ⓓ	R1 FAULT	1	Ⓓ	R2 HOME POSITION	1
Ⓓ	R1 READY	1	Ⓓ	R2 WELDING FINIT	1
Ⓓ	R1 HOME POSITION	1	Ⓓ	R2 STOP	1
Ⓓ	R1 WELDING FINIT	1	Ⓓ	R2 CANCLE	1
Ⓓ	R1 STOP	1			
Ⓓ	R1 CANCLE	1			
Ⓔ	FR SIDE TERMINAL BOX	1			
Ⓔ	RR SIDE TERMINAL BOX	1			
Ⓔ	C/V TERMINAL BOX	1			
Ⓔ	SOL TERMINAL BOX	1			
Ⓕ	692N SIDE RAIL FULL WELDING	1			

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	NAMEPLATE LIST				HWD. T3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
	MAIN CONTROL BOX				
CTB.	CONTROL BOX(350*1300*1700)	E.Y033(M)			1
D.SW	DISCONNECTING SWITCH	SB33/30AT			1
MCB	CIRCUIT BREAKER	EA53/30AT			1
CB.1	CIRCUIT BREAKER	EA33/5AT			1
CB.2	CIRCUIT BREAKER	EA33/5AT			1
CB.3	CIRCUIT BREAKER	EA33/5AT			1
CB.4	CIRCUIT BREAKER	EA33/5AT			1
CB.5	CIRCUIT BREAKER	EA33/5AT			1
CB.6	CIRCUIT BREAKER	EA33/5AT			1
CB.7	CIRCUIT BREAKER	EA33/5AT			1
MC1E0	MAGNETIC CONTECTOR	SC-03/G DC 24 Vdc			1
MC1E1	MAGNETIC CONTECTOR	SC-03/G DC 24 Vdc			1
MC1E2	MAGNETIC CONTECTOR	SC-03/G DC 24 Vdc			1
MC1E3	MAGNETIC CONTECTOR	SC-03/G DC 24 Vdc			1
MC1E4	MAGNETIC CONTECTOR	SC-03/G DC 24 Vdc			1
MC1E5	MAGNETIC CONTECTOR	SC-03/G DC 24 Vdc			1
MC1E6	MAGNETIC CONTECTOR	SC-03/G DC 24 Vdc			1
INV.1	INVERTOR	FVR-E11			1
INV.2	INVERTOR	FVR-E11			1
INV.3	INVERTOR	FVR-E11			1
INV.4	INVERTOR	FVR-E11			1
INV.5	INVERTOR	FVR-E11			1
INV.6	INVERTOR	FVR-E11			1
INV.7	INVERTOR	FVR-E11			1
TR	TRANSFORMER	380/220-100V,1KVA			1
CPFL	CIRCUIT PROTECTOR	CP 32FM/1AT			1
CP.1	CIRCUIT PROTECTOR	CP 32FM/2AT			1
CP.2	CIRCUIT PROTECTOR	CP 32FM/5AT			1
CP.3	CIRCUIT PROTECTOR	CP 32FM/5AT			1
CP.4	CIRCUIT PROTECTOR	CP 32FM/3AT			1
CP.5	CIRCUIT PROTECTOR	CP 32FM/5AT			1
CP.6	CIRCUIT PROTECTOR	CP 32FM/3AT			1
BS.1	BASIC SWITCH	Z-15GQ-B			1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △	PART LIST				HWD. U1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
	MAIN CONTROL BOX				
PS	POWER SUPPLY	S82J-15024D			1
NF	NOISE FILTER	ZGB2203-01U			1
CR0	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR2	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR3	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR4	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR5	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR6	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR7	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR8	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR9	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR10	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR11	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR11A	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR12	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR13	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR14	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR15	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR16	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR17	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR18	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR18A	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1CE	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1CF	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1E0	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1E1	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1E2	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1E3	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1E4	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1E5	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1E6	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
SPARE	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	PART LIST				HWD. U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
	MAIN CONTROL BOX				
CR1E8	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1E9	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1F0	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1F1	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1F2	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1F3	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1F4	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1F5	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1F6	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1F7	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1F8	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR1F9	MINI RELAY	MY4N , 24Vdc			1
CR0-CR18A	RELAY SOCKET	PYF14A			20
CR1CE-CR1CF	RELAY SOCKET	PYF14A			2
CR1E0-CR1E9	RELAY SOCKET	PYF14A			10
CR1F0-CR1F9	RELAY SOCKET	PYF14A			8
SPARE	RELAY SOCKET	PYF14A			4
CR200-CR203	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR204-CR207	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR208-CR20B	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR20C-CR20F	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR210-CR213	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR214-CR217	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR218-CR21B	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR220-CR223	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR224-CR227	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR228-CR22B	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR22C-CR22F	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR230-CR233	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR234-CR237	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR238-CR23B	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1
CR23C-CR23F	TERMINAL RELAY	G6D-F4B 24Vdc			1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	PART LIST				HWD. U3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
	MAIN CONTROL BOX				
PLC	POWER UNIT	A1S61PN			2
	CPU UNIT	A2USHCPU-S1			1
	LINK UNIT	A1SJ71AR21			1
	ETHERNET I/F UNIT	A1SJ41E71N-T			1
	INPUT UNIT	A1SX42			5
	OUTPUT UNIT	A1SX42			5
	OUTPUT UNIT	A1SY10			2
	BASE UNIT	A1S38B			1
	EXTENSION BASE UNIT	A1S68B			1
	I/O CABLE	A1SC03B			1
	CONNECTOR/TERMINAL BLOCK CONVERTOR	A6TBXY36			20
	CABLE				1
	CABLE				1
	CABLE				1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
	PART LIST				HWD. U4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
	MAIN CONTROL BOX				
TB.1	TERMINAL BLOCK	BND15LW			15
	END PLATE	BNDE15LW			2
	MOUNTING CLIP	BNL6			2
	DIN RAIL	BAA1000			1
	DUST COVER	BNC230			1
	MARKER STRIP	BNM7			1
TB.2	TERMINAL BLOCK	BND15W			120
	END PLATE	BNDE15W			2
	MOUNTING CLIP	BNL6			2
	DIN RAIL	BAA1000			1
	DUST COVER	BNC230			1
	MARKER STRIP	BNM7			1
SF	SUCTION FAN				1
FT	FILTER				1
FL	FLUORESCENT 10W				1
RT	RECEPTACLE				1
CW	CABLE WIREDUCT	25W*60H mm.			1
CW	CABLE WIREDUCT	40W*100H mm.			6
CW	CABLE WIREDUCT	80W*100H mm.			1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	PART LIST				HWD. U5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
	MAIN CONTROL BOX(FRONT PANEL)				
PL180	LED LAMP	T16-PR			1
PL181	LED LAMP	T16-PW			1
PL182	LED LAMP	T16-PR			1
PL183	LED LAMP	T16-PW			1
PL184	LED LAMP	T16-PW			1
PL185	LED LAMP	T16-PR			1
PL186	LED LAMP	T16-PR			1
PL187	LED LAMP	T16-PR			1
PL188	LED LAMP	T16-PR			1
PL189	LED LAMP	T16-PR			1
PL18A	LED LAMP	T16-PR			1
PL18B	LED LAMP	T16-PR			1
PL18C	LED LAMP	T16-PR			1
PL18D	LED LAMP	T16-PR			1
PL18E	LED LAMP	T16-PR			1
PL18F	LED LAMP	T16-PR			1
PL190	LED LAMP	T16-PW			1
PL191	LED LAMP	T16-PR			1
PL192	LED LAMP	T16-PR			1
PL193	LED LAMP	T16-PR			1
PL194	LED LAMP	T16-PG			1
PL195	LED LAMP	T16-PW			1
PL196	LED LAMP	T16-PW			1
PL197	LED LAMP	T16-PR			1
PL198	LED LAMP	T16-PW			1
PL199	LED LAMP	T16-PW			1
PL19A	LED LAMP	T16-PW			1
PL19B	LED LAMP	T16-PW			1
PL19C	LED LAMP	T16-PW			1
PL19D	LED LAMP	T16-PG			1
SPARE	LED LAMP	T16-PR			1
SPARE	LED LAMP	T16-PR			1
SPARE	LED LAMP	T16-PR			1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	PART LIST				HWD. U6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
	MAIN CONTROL BOX(FRONT PANEL)				
PL1A1	LED LAMP	T16-PR			1
PL1A2	LED LAMP	T16-PR			1
PL1A3	LED LAMP	T16-PR			1
PL1A4	LED LAMP	T16-PW			1
PL1A5	LED LAMP	T16-PW			1
PL1A6	LED LAMP	T16-PR			1
PL1A7	LED LAMP	T16-PR			1
PL1B0	LED LAMP	AL8M-P4R			1
PL1B1	LED LAMP	AL8M-P4G			1
PL1B2	LED LAMP	AL8M-P4R			1
PL1B3	LED LAMP	AL8M-P4G			1
PL1B4	LED LAMP	AL8M-P4R			1
PL1B5	LED LAMP	AL8M-P4G			1
PL1B6	LED LAMP	AL8M-P4R			1
PL1B7	LED LAMP	AL8M-P4G			1
PL1B8	LED LAMP	AL8M-P4R			1
PL1B9	LED LAMP	AL8M-P4G			1
PL1BA	LED LAMP	AL8M-P4R			1
PL1BB	LED LAMP	AL8M-P4G			1
PL1C0	LED LAMP	T16-PR			1
PL1C1	LED LAMP	T16-PW			1
PL1C2	LED LAMP	T16-PG			1
PL1C3	LED LAMP	T16-PW			1
PL1C4	LED LAMP	T16-PR			1
PL1C5	LED LAMP	T16-PW			1
PL1C6	LED LAMP	T16-PG			1
PL1C7	LED LAMP	T16-PW			1
PL1C8	LED LAMP	T16-PR			1
PL1C9	LED LAMP	T16-PW			1
PL1CA	LED LAMP	T16-PG			1
PL1CB	LED LAMP	T16-PW			1
PL1CC	LED LAMP	T16-PR			1
PL1CD	LED LAMP	T16-PW			1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	PART LIST				HWD. U7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
	MAIN CONTROL BOX(FRONT PANEL)				
PBL1FE	LED LAMP	T16-PG			1
PBL1FF	LED LAMP	T16-PW			1
TSW064	TOGLE SWITCH	LA1T-2C1			1
TSW065	TOGLE SWITCH	LA1T-2C1			1
TSW066	TOGLE SWITCH	LA1T-2C1			1
TSW067	TOGLE SWITCH	LA1T-2C1			1
TSW068	TOGLE SWITCH	LA1T-2C1			1
TSW069	TOGLE SWITCH	LA1T-2C1			1
TSW06A	TOGLE SWITCH	LA1T-2C1			1
TSW06B	TOGLE SWITCH	LA1T-2C1			1
PB.1	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110B			1
EPB.1	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-V401R			1
SS042	SELECTOR SWITCH	HW1S-2T11			1
PBL044	PUSH BUTTON LAMP SWITCH	HW1L-MF211Q4G			1
SS045	SELECTOR SWITCH	HW1S-2T10			1
SPB046	SEECT PUSH BUTTON SWITCH	HW1R-2D22N1B			1
SS048	SELECTOR SWITCH	HW1S-2T11			1
PB04A	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110G			1
PB04B	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110G			1
PB04C	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110B			1
PB04D	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110G			1
PB04E	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110B			1
PB04F	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110B			1
SPB050	SEECT PUSH BUTTON SWITCH	HW1R-2D22N1B			1
SPB052	SEECT PUSH BUTTON SWITCH	HW1R-2D22N1B			1
SPB054	SEECT PUSH BUTTON SWITCH	HW1R-2D22N1B			1
SPB056	SEECT PUSH BUTTON SWITCH	HW1R-2D22N1B			1
SPB058	SEECT PUSH BUTTON SWITCH	HW1R-2D22N1B			1
SPB05A	SEECT PUSH BUTTON SWITCH	HW1R-2D22N1B			1
PB060	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110B			1
PB061	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110B			1
SS062	SELECTOR SWITCH	HW1S-2T11			1
PB063	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110B			

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	PART LIST				HWD. U8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
DSW1-3	THUMB WHELL SWITCH	A7PS-207-1			3
DSW1-3	END PLATE	A7P-M-1			1
DSW1-3	CONNECTOR	NRT-C			3
SPB07C	SEECT PUSH BUTTON SWITCH	HW1R-2D22N1B			1
PB07E	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110B			1
PB07F	PUSK BUTTON SWITCH	HW1B-M110B			1
	MAIN CONTROL BOX(FRONT PANEL)				
STP.1	SAFETY PLUG	SPT-11			1
BZ.1	REVOVONG WARNING LIGHT	RHB-24R			1
	L1 CONTROL BOX				1
	CONTROL BOX	KGN511T			1
PBL0F9	ILLUMINATED PUSK BUTTON SWITCH	ALNE9F911-G			1
PB0FA	PUSK BUTTON SWITCH				1
PB0FB	PUSK BUTTON SWITCH				1
PBL0FC	ILLUMINATED PUSK BUTTON SWITCH	ALNE9F911-G			1
PB0FD	PUSK BUTTON SWITCH				1
	L2 CONTROL BOX				1
	CONTROL BOX	KGN511T			1
PBL119	PUSK BUTTON SWITCH	ALNE9F911-G			1
PB11A	PUSK BUTTON SWITCH				1
PB11B	PUSK BUTTON SWITCH				1
PBL11C	PUSK BUTTON SWITCH	ALNE9F911-G			1
PB11D	PUSK BUTTON SWITCH				1
	R1 CONTROL BOX				1
	CONTROL BOX	KGN511T			1
PBL139	ILLUMINATED PUSK BUTTON SWITCH	ALNE9F911-G			1
PB13A	PUSK BUTTON SWITCH				1
PB13B	PUSK BUTTON SWITCH				1
PBL13C	ILLUMINATED PUSK BUTTON SWITCH	ALNE9F911-G			1
PB13D	PUSK BUTTON SWITCH				1
	R2 CONTROL BOX				1
	CONTROL BOX	KGN511T			1
PBL169	ILLUMINATED PUSK BUTTON SWITCH	ALNE9F911-G			1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	PART LIST				HWD. U9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
PB16A	PUSK BUTTON SWITCH				1
PB16B	PUSK BUTTON SWITCH				1
PBL16C	ILLUMINATED PUSK BUTTON SWITCH	ALNE9F911-G			1
PB16D	PUSK BUTTON SWITCH				1
	Fr SIDE TERMINAL BOX(JIG BASE)				
	CONTROL BOX (400*400*120))	Y033.Fr			1
TB.1	TERMINAL BLOCK	BN15LW			8
TB.1	TERMINAL BLOCK	BN15MW			32
TB.2	TERMINAL BLOCK	BN15MW			40
	END PLATE	BNE15MW			4
TB	MOUNTING CLIP	BN6L			4
	DIN RAIL	BAA1000			1
	DUST COVER	BNC230			1
	MARKING STRIP	BNM7			1
	Rr SIDE TERMINAL BOX(SHIFT BASE) PUSH BUTTON SWITCH				1
	CONTROL BOX (400*400*120)	Y033.Rr			1
TB1	TERMINAL BLOCK	BN15LW			25
TB2	TERMINAL BLOCK	BN15MW			25
	END PLATE	BNE15MW			4
	MOUNTING CLIP	BN6L			4
	DIN RAIL	BAA1000			1
	DUST COVER	BNC230			1
	MARKING STRIP	BNM7			1
	C/V TERMINAL BOX				
	CONTROL BOX (300*300*120)	Y033.Rr C/V			1
TB1	TERMINAL BLOCK	BN15LW			10
TB1	TERMINAL BLOCK	BN15MW			10
TB2	TERMINAL BLOCK	BN15MW			20
	END PLATE	BNE15W			4
	MOUNTING CLIP	BN6L			4
	DIN RAIL	BAA1000			1
	DUST COVER	BNC230			1
	MARKING STRIP	BNM7			1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	PART LIST				HWD. U10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	BRAND NAME	VENDER NAME	QTY
	S/V TERMINAL BOX				1
PB16B	PUSK BUTTON SWITCH	Y033.S/V			1
TB1	TERMINAL BLOCK	BN15LW			5
TB1	TERMINAL BLOCK	BN15MW			5
TB2	TERMINAL BLOCK	BN15MW			5
	END PLATE	BNE15MW			4
	MOUNTING CLIP	BNL6			4
	DIN RAIL	BAA1000			1
	DUST COVER	BNC230			1
	MARKING STRIP	BNM7			1

CHANGE DESCRIPTION	TITLE :	Drawn By	Checked By	Approved By	Scale :
△ △ △ △	PART LIST				HWD. U11

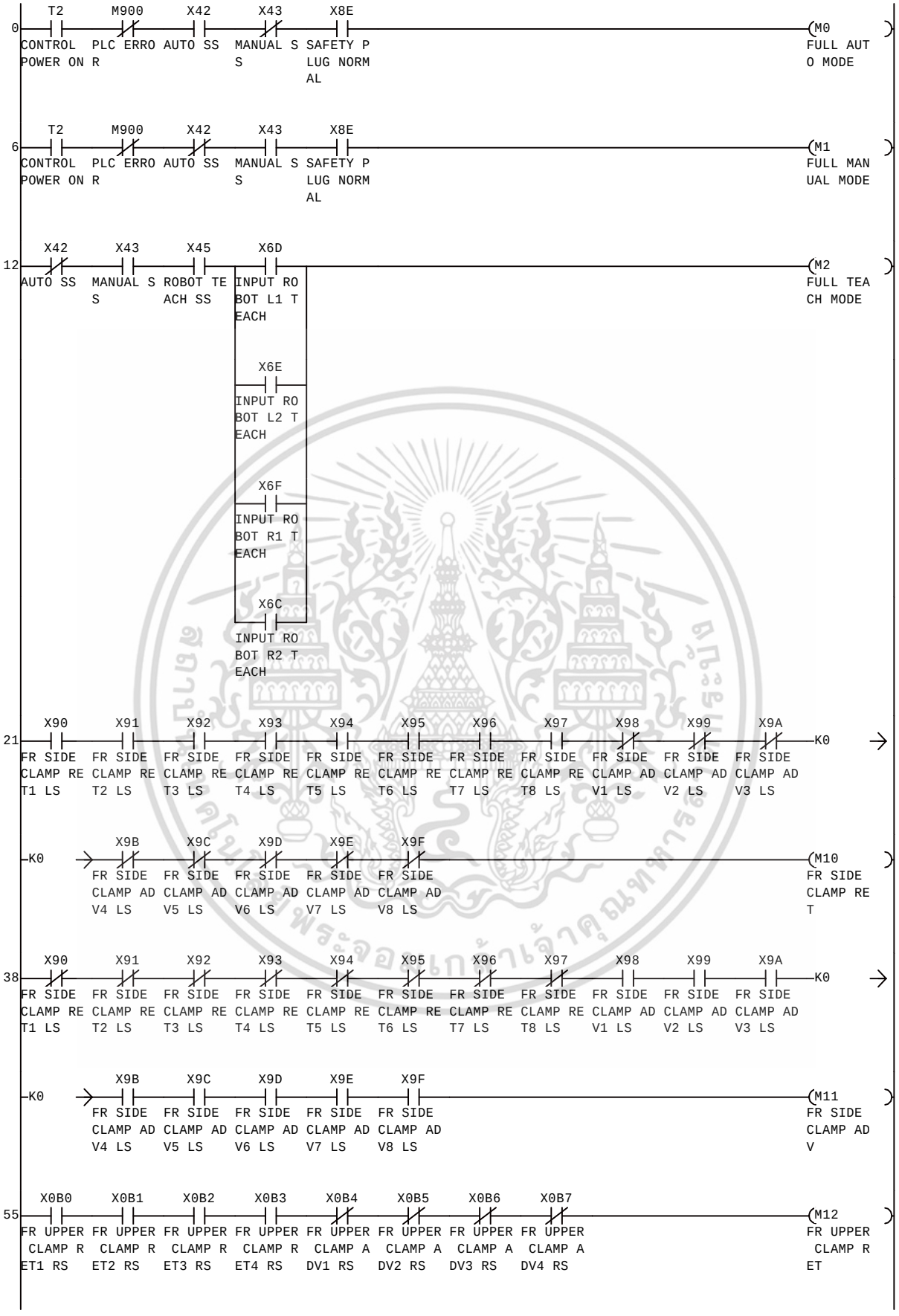
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

SOFTWARE BACKUP (LADDER DIAGRAM)

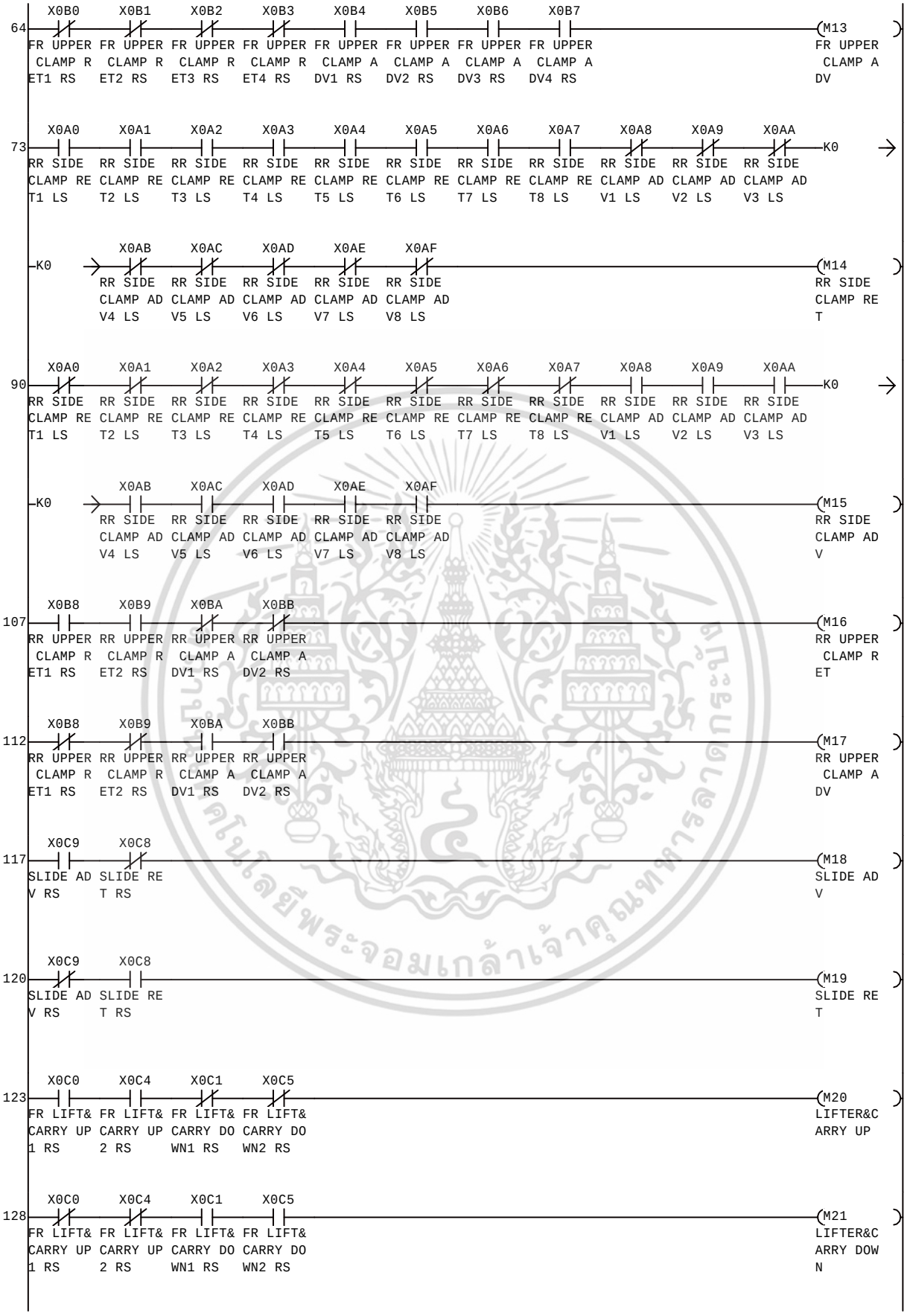
SIDE RIAL FULL WELDING (LH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



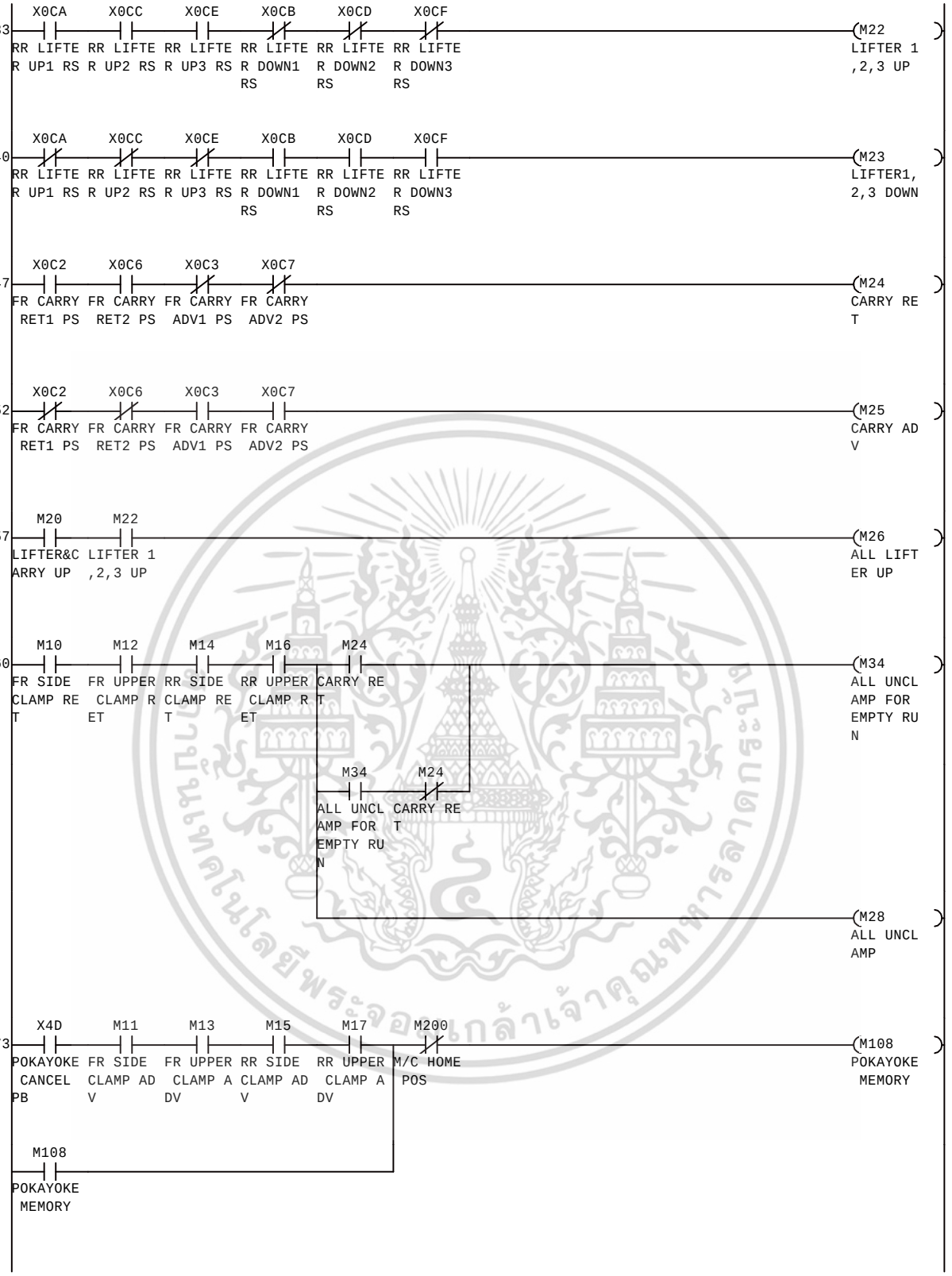
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



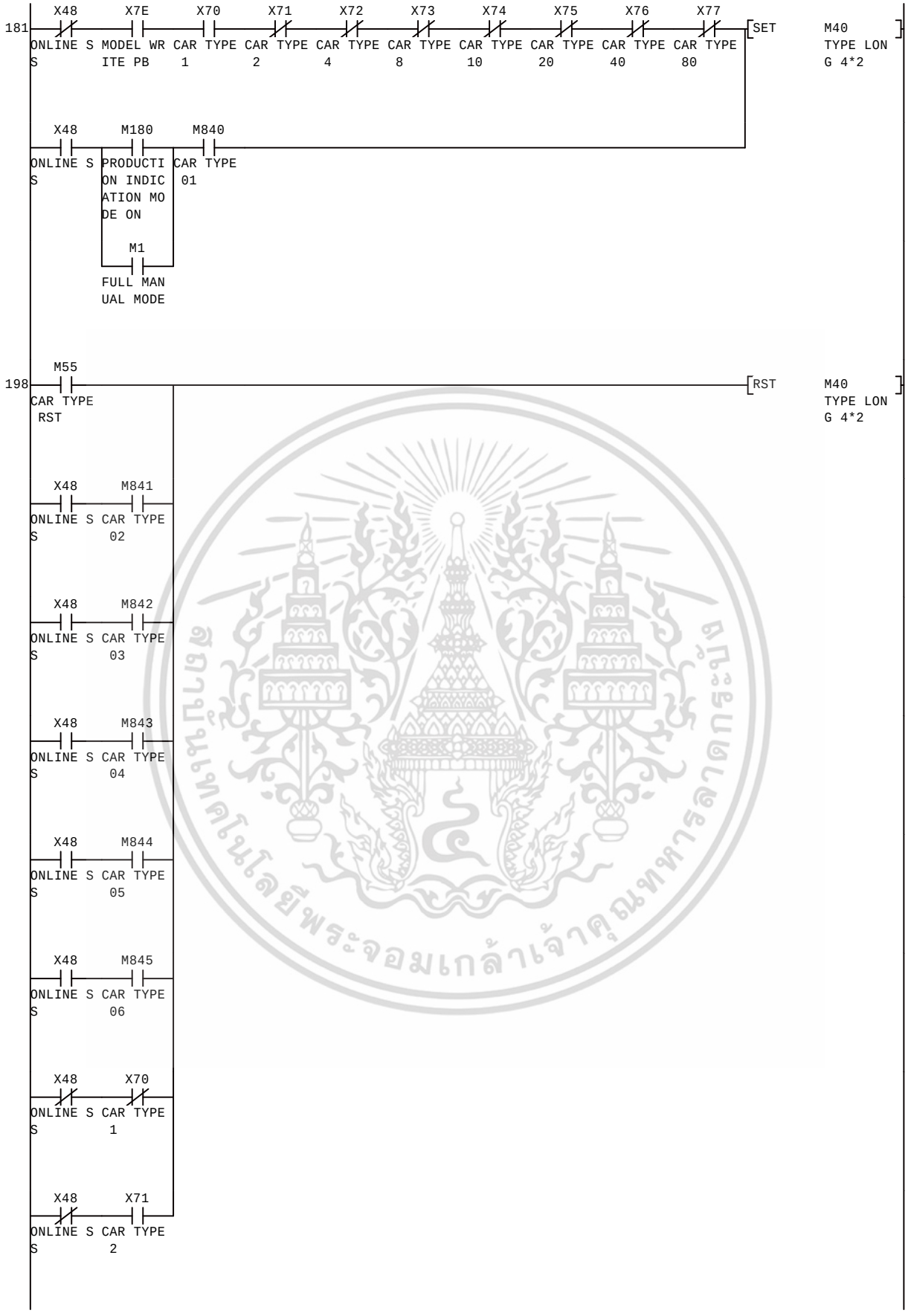
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



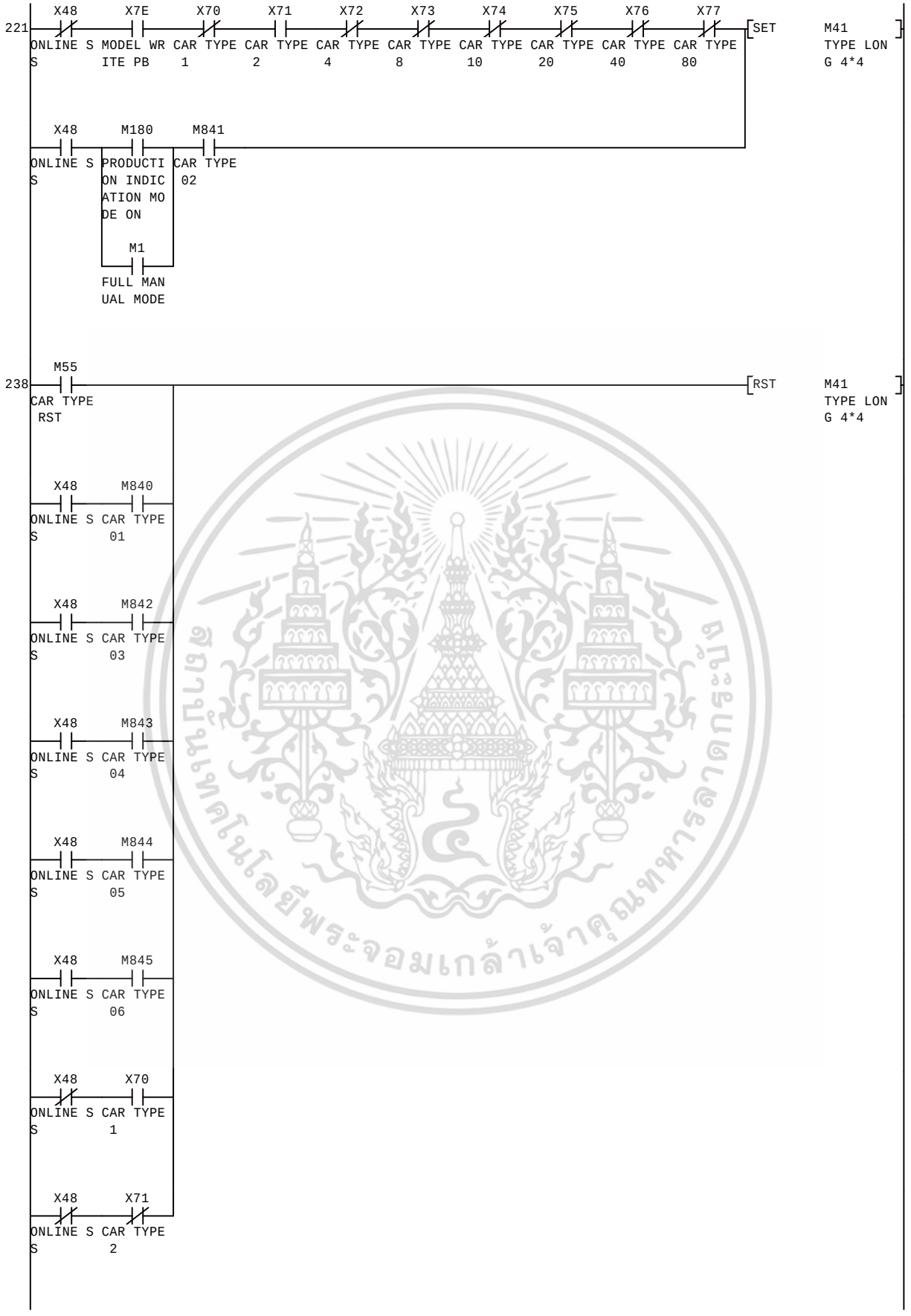
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



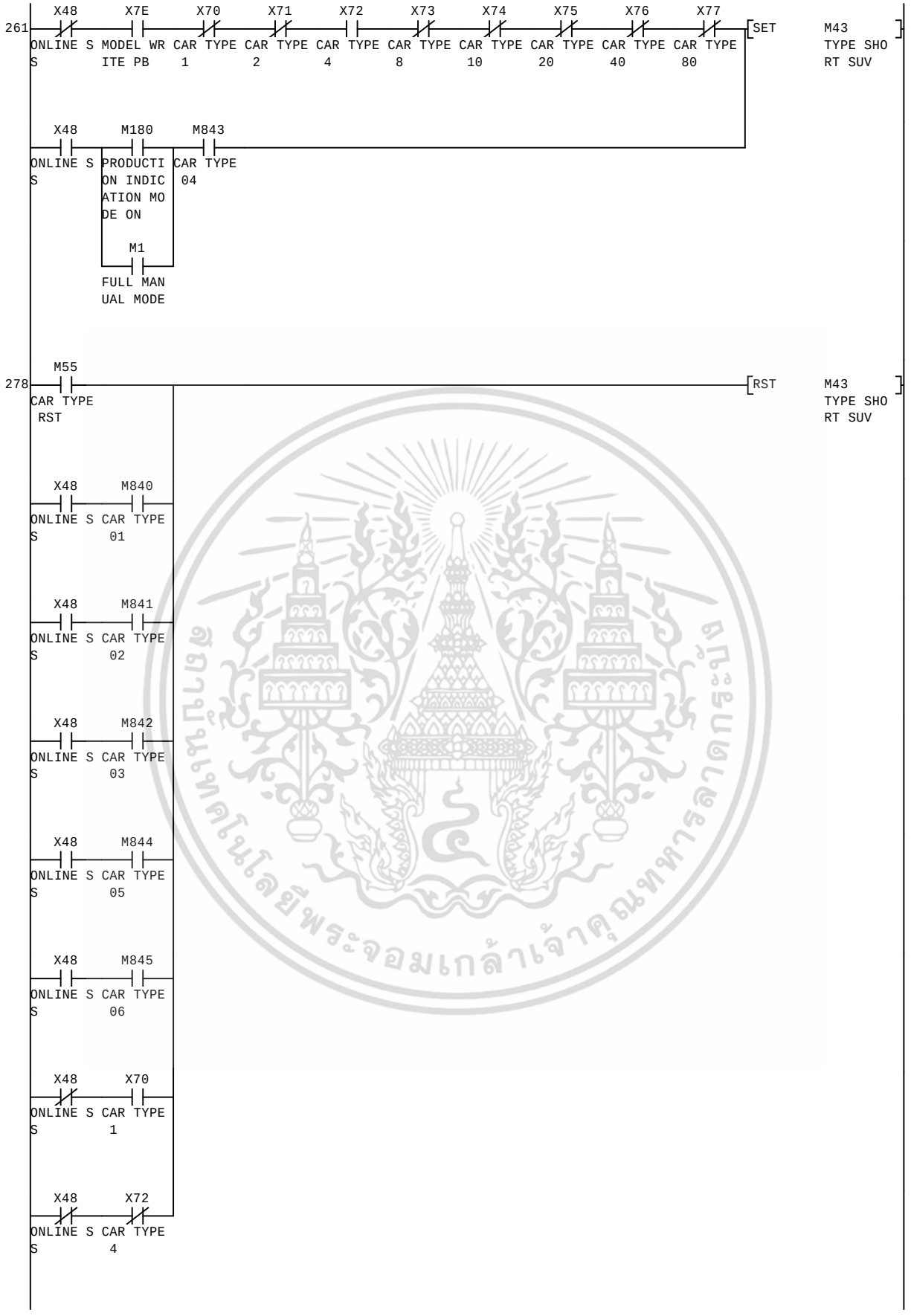
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



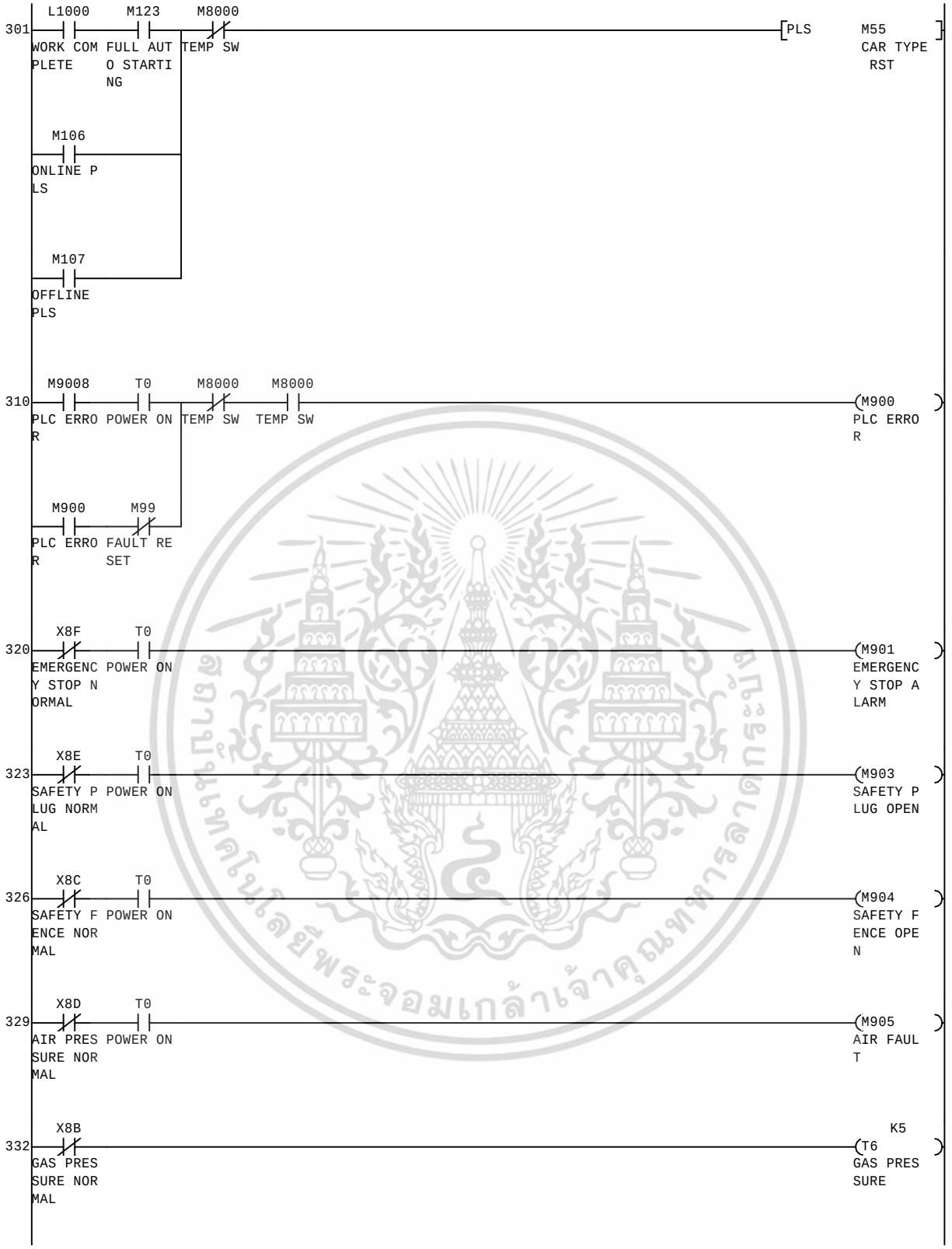
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



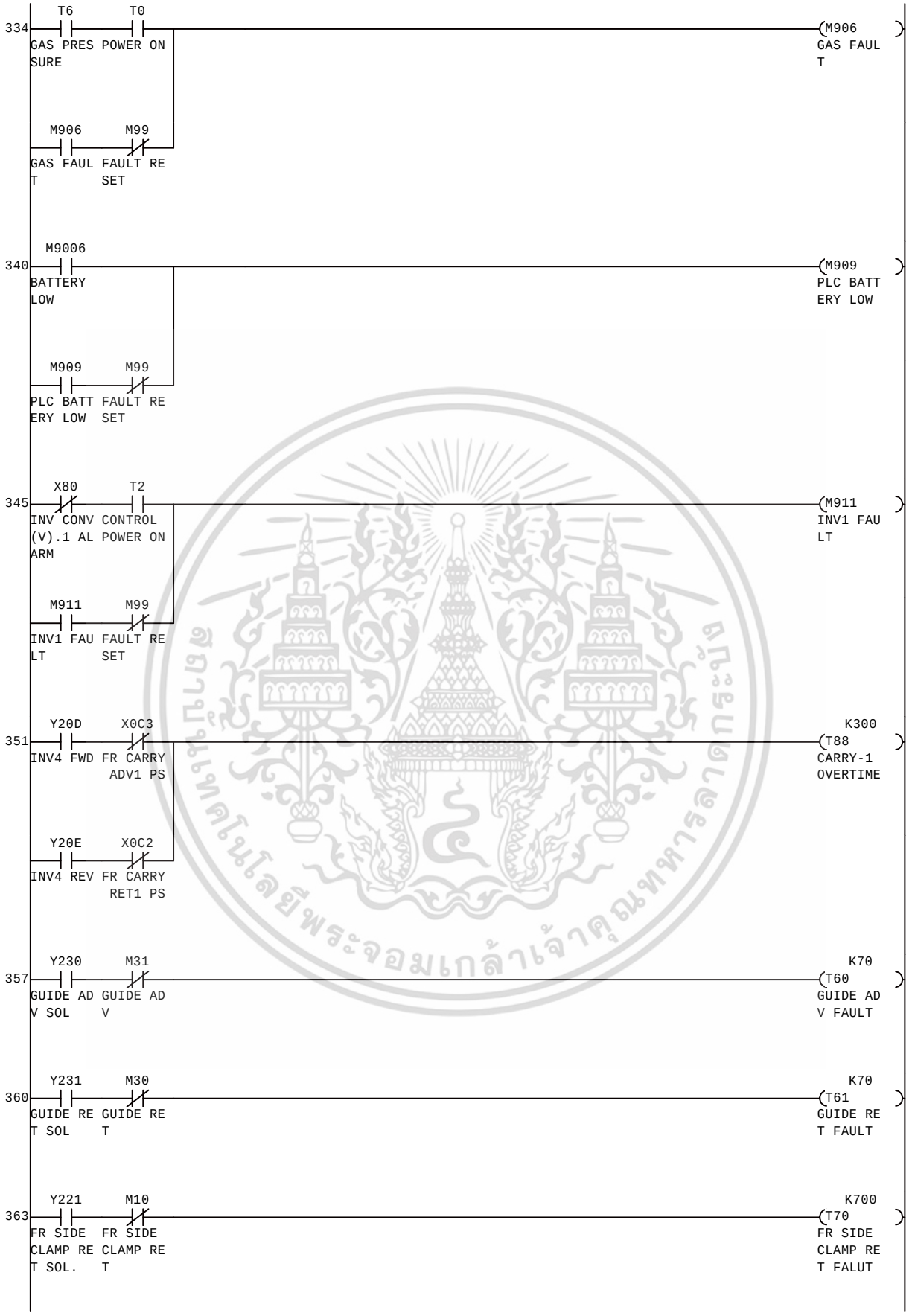
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



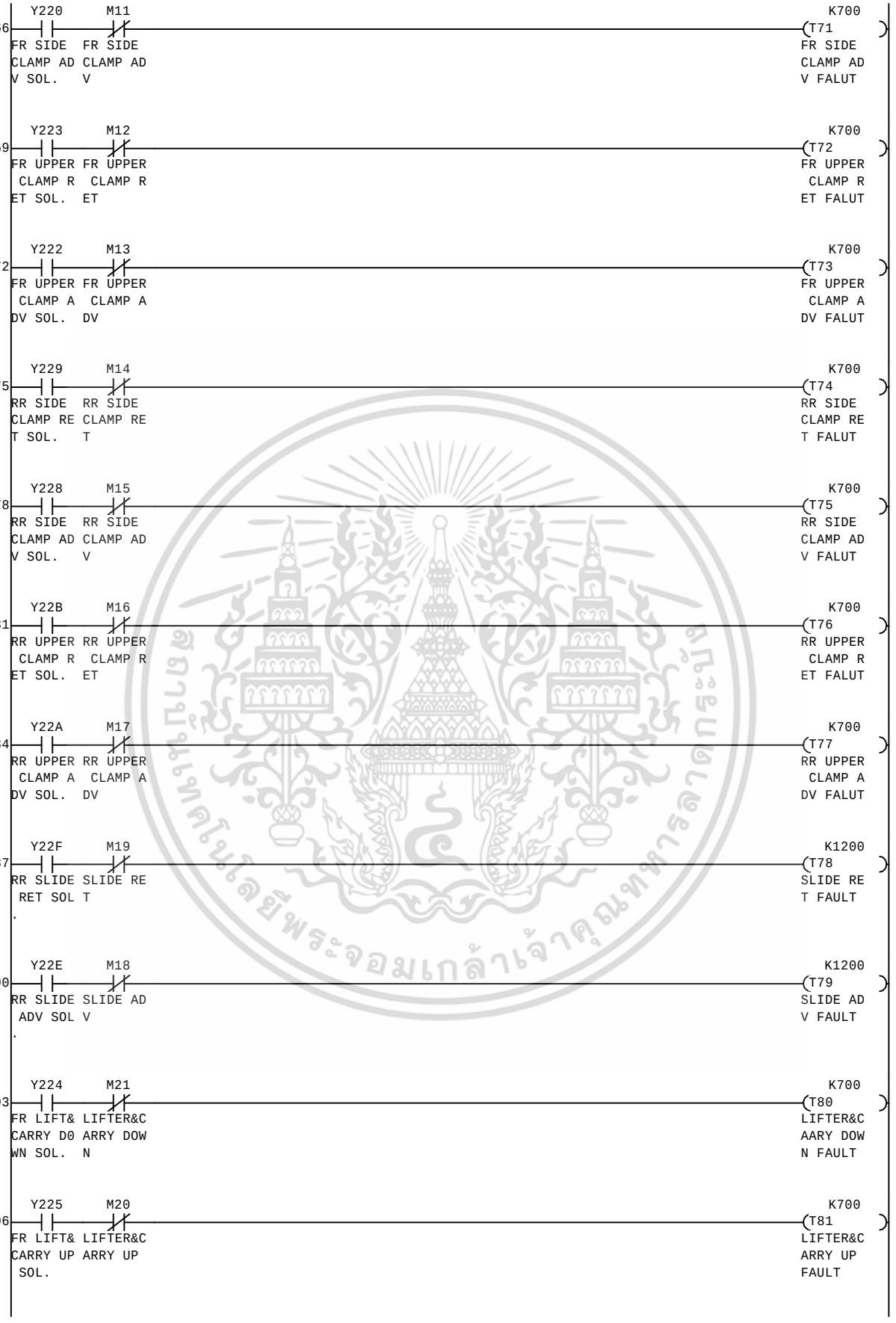
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



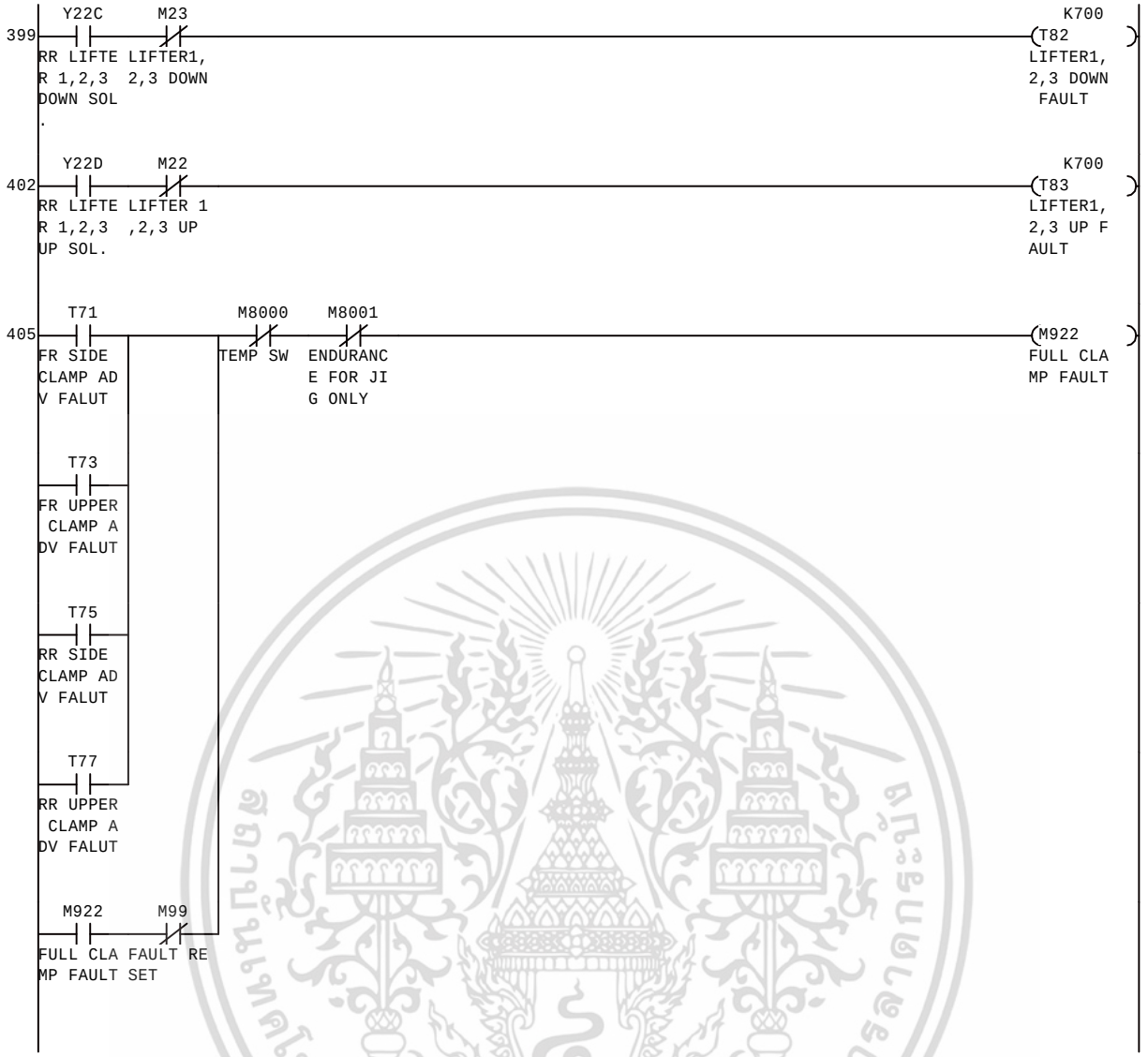
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



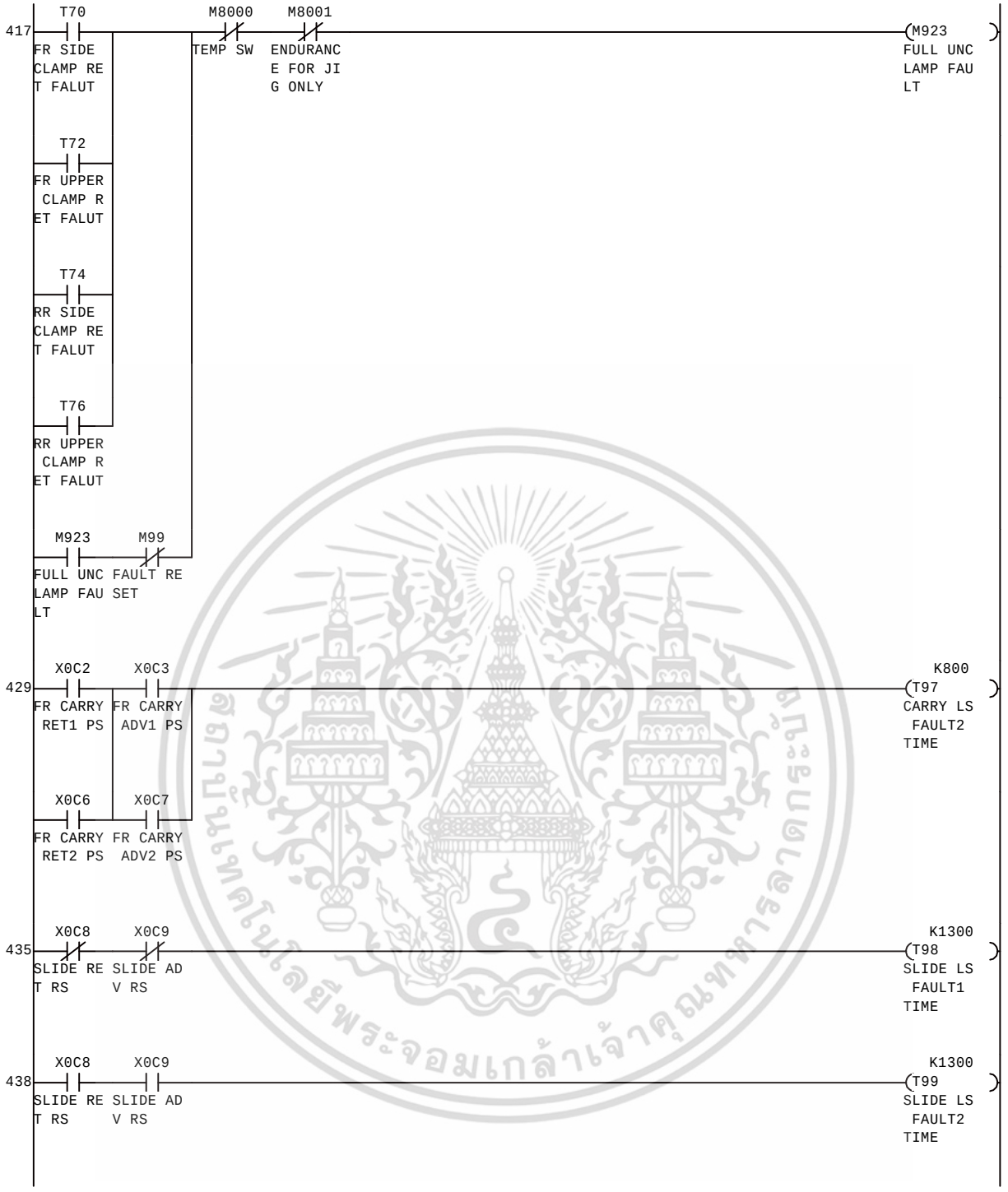
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



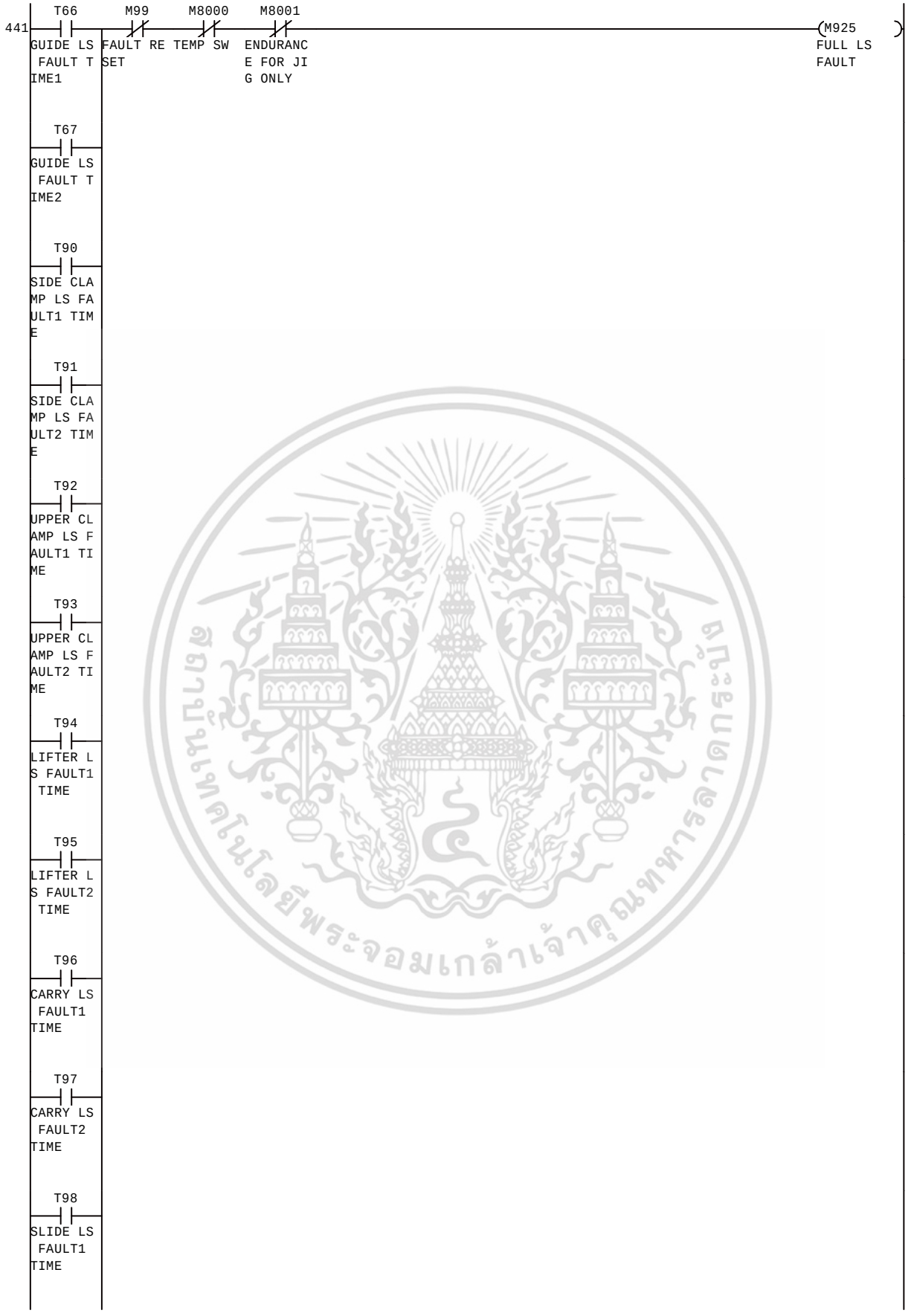
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



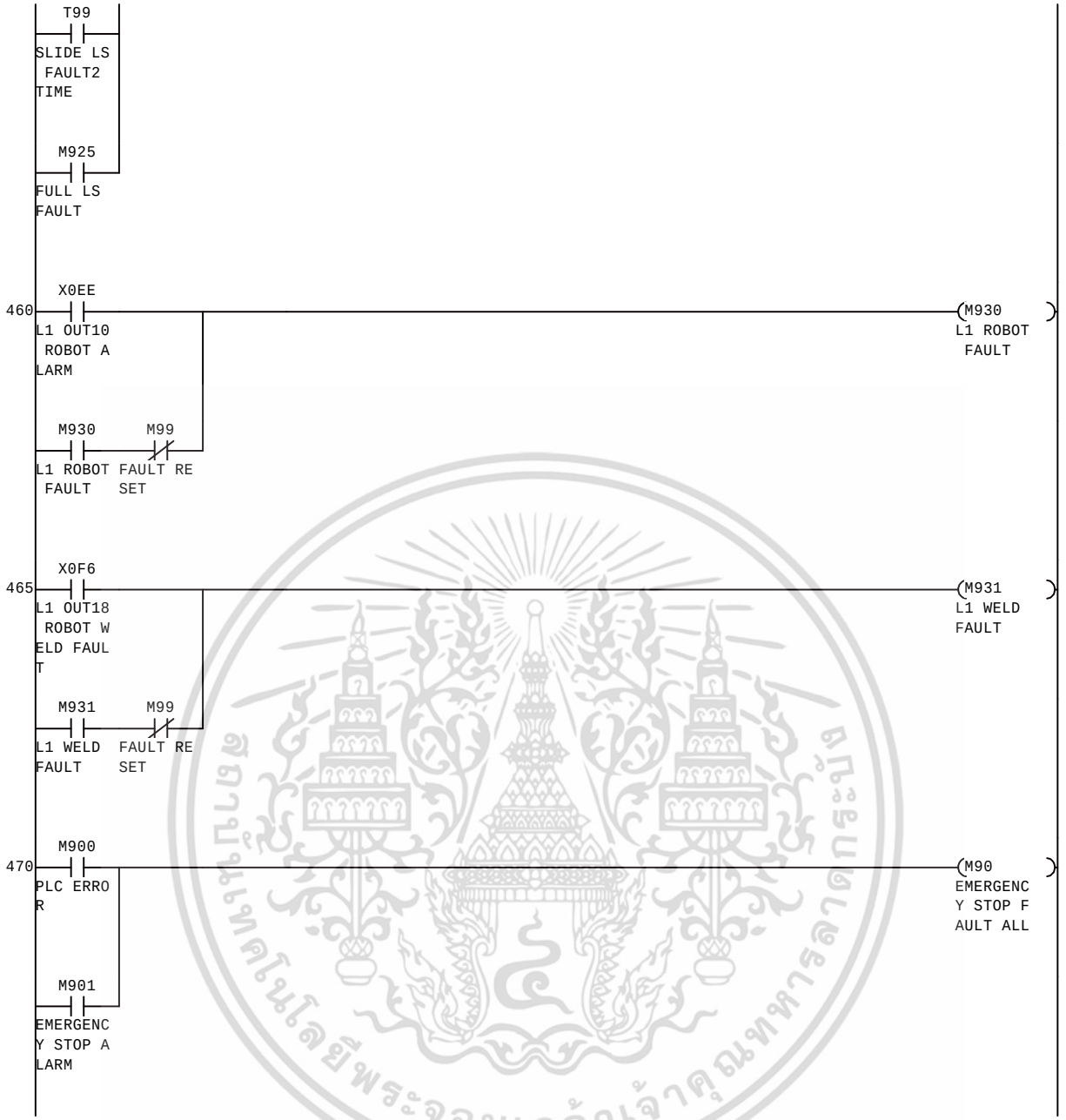
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



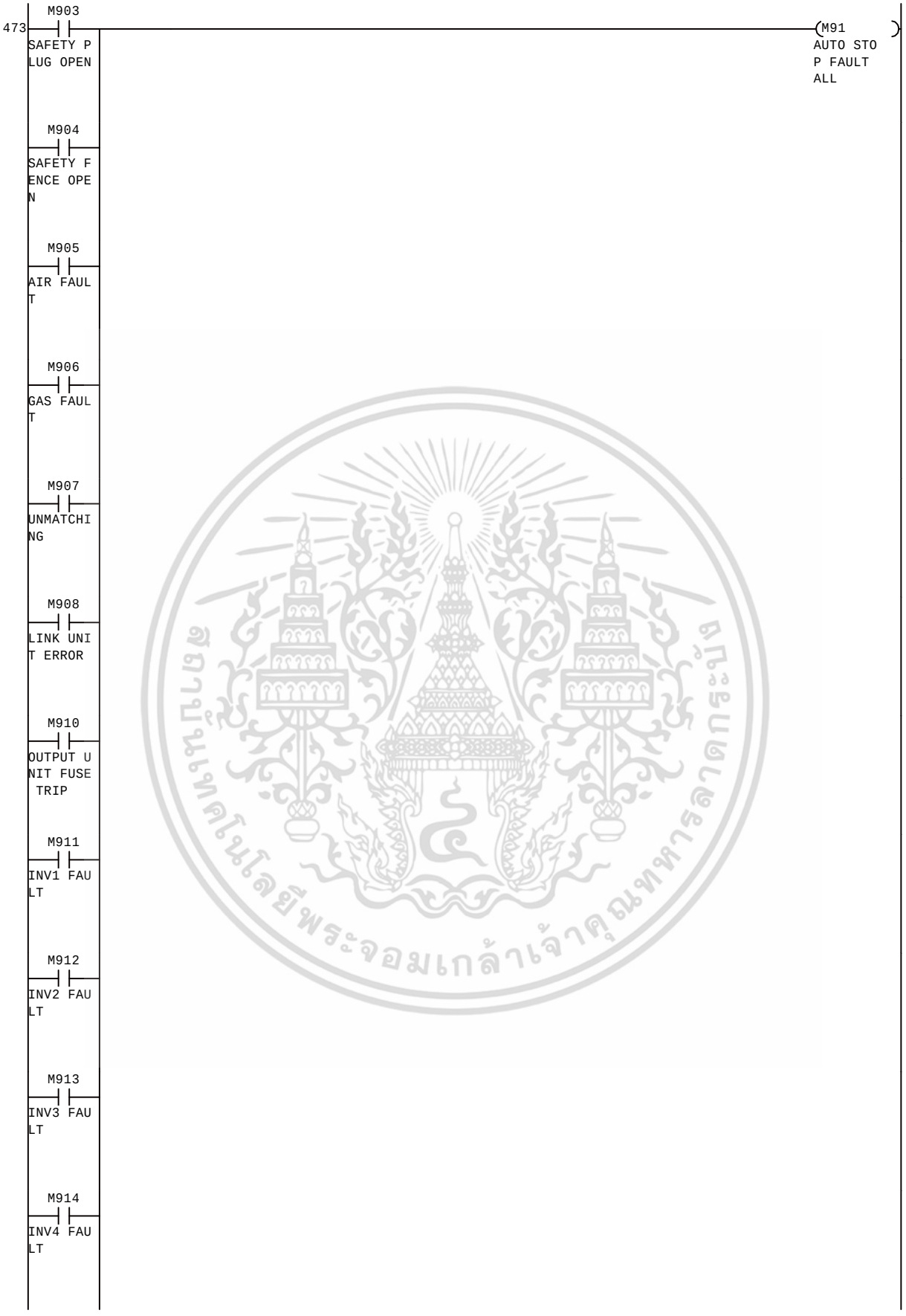
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



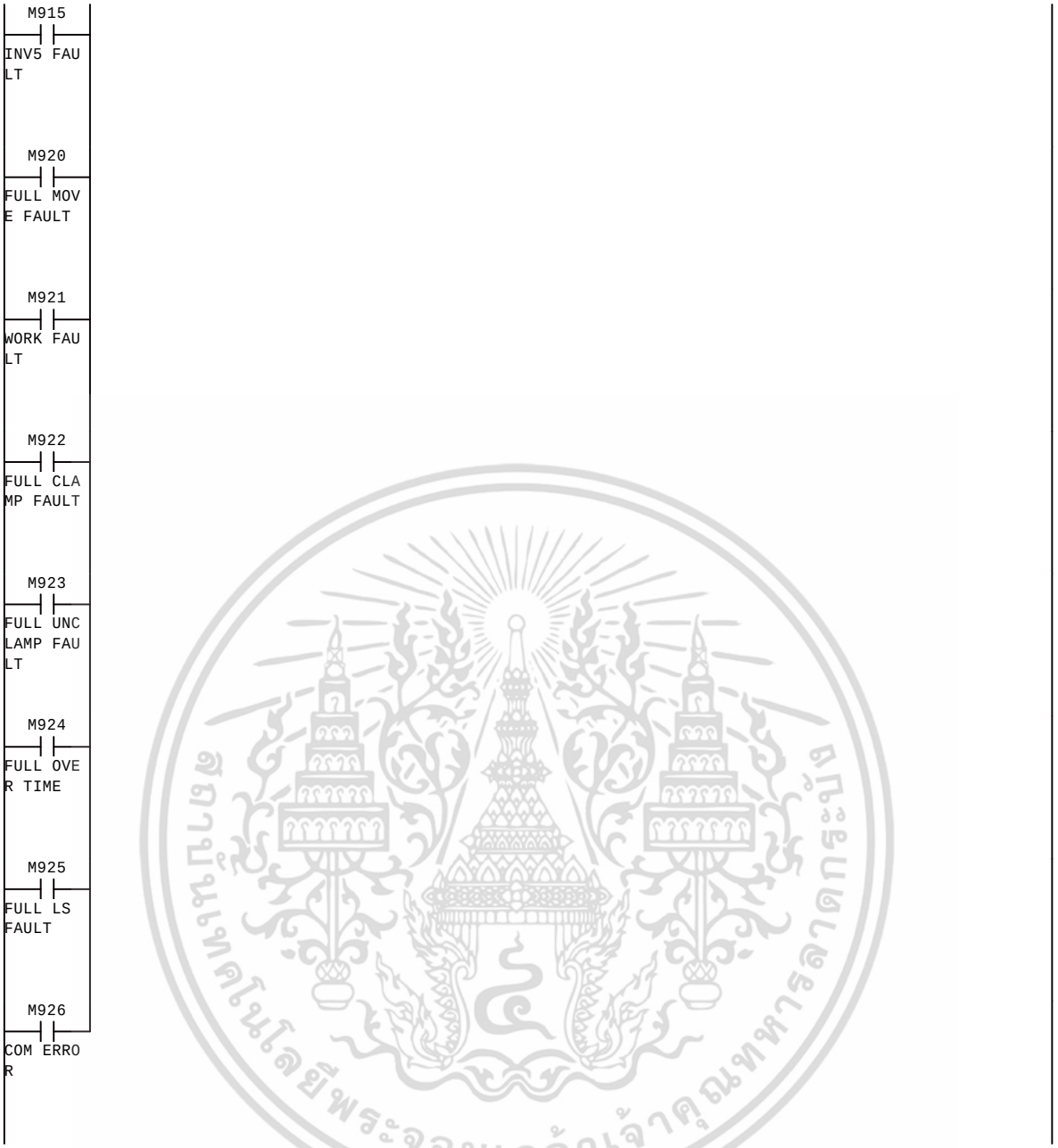
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



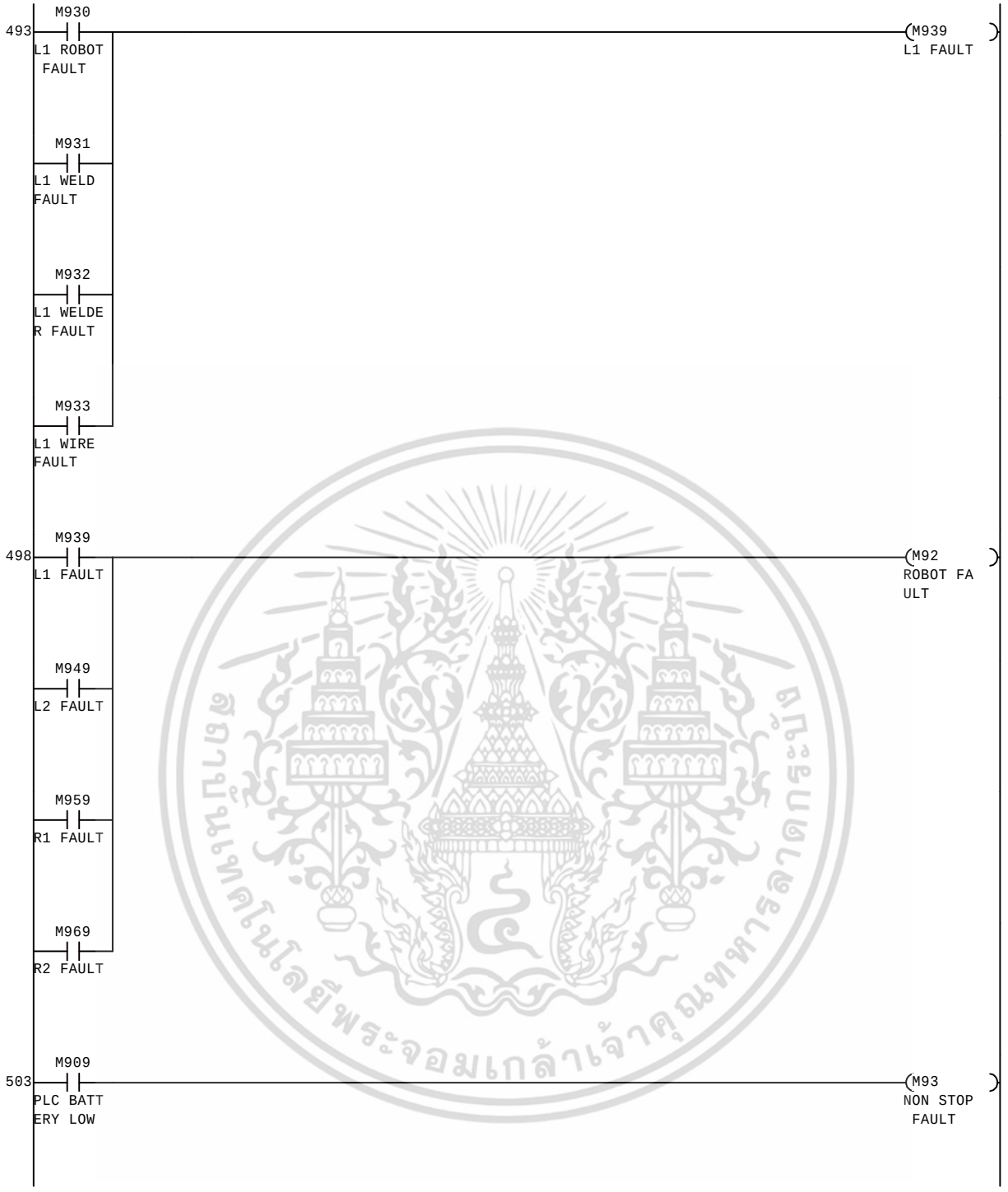
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



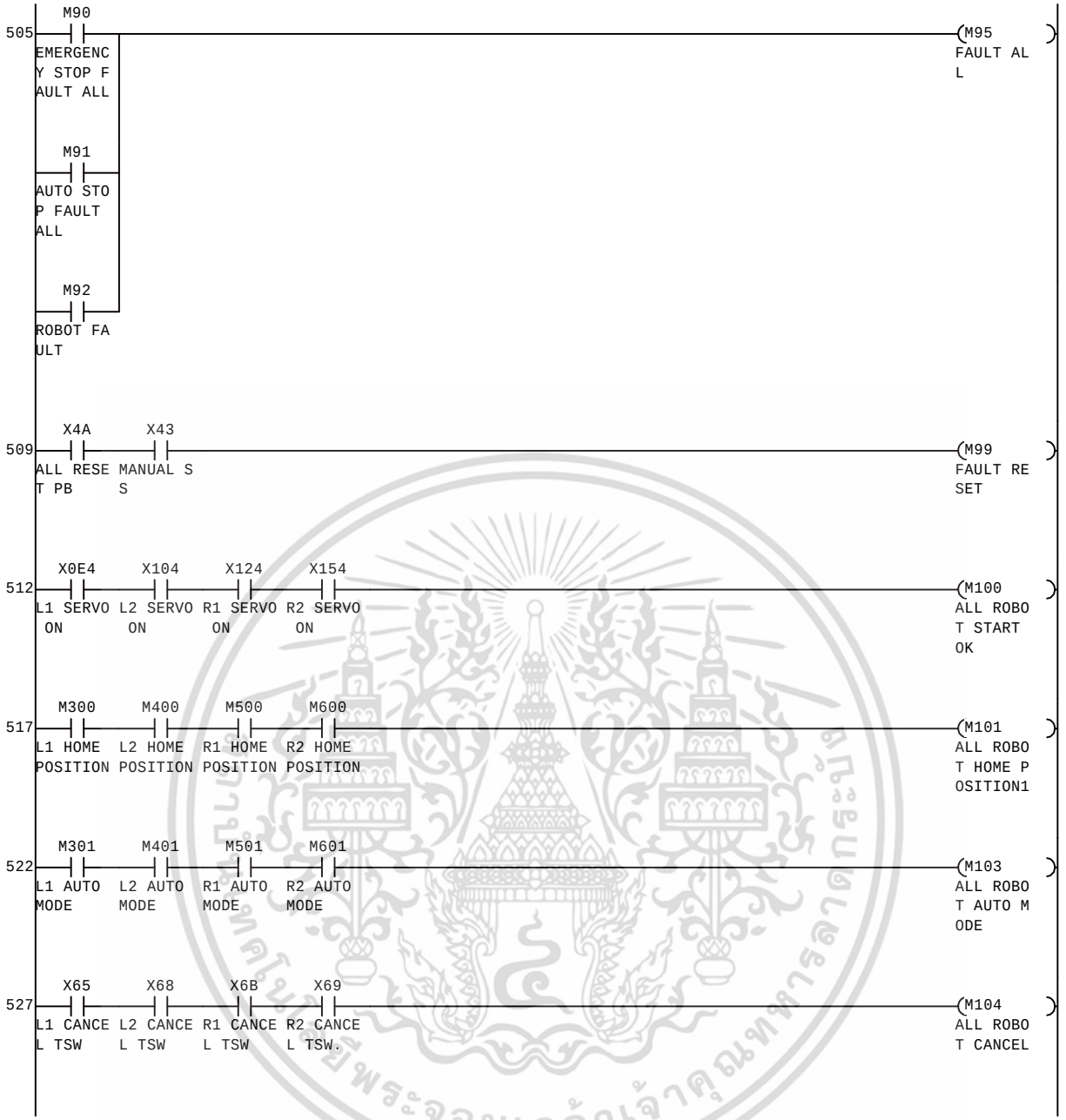
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



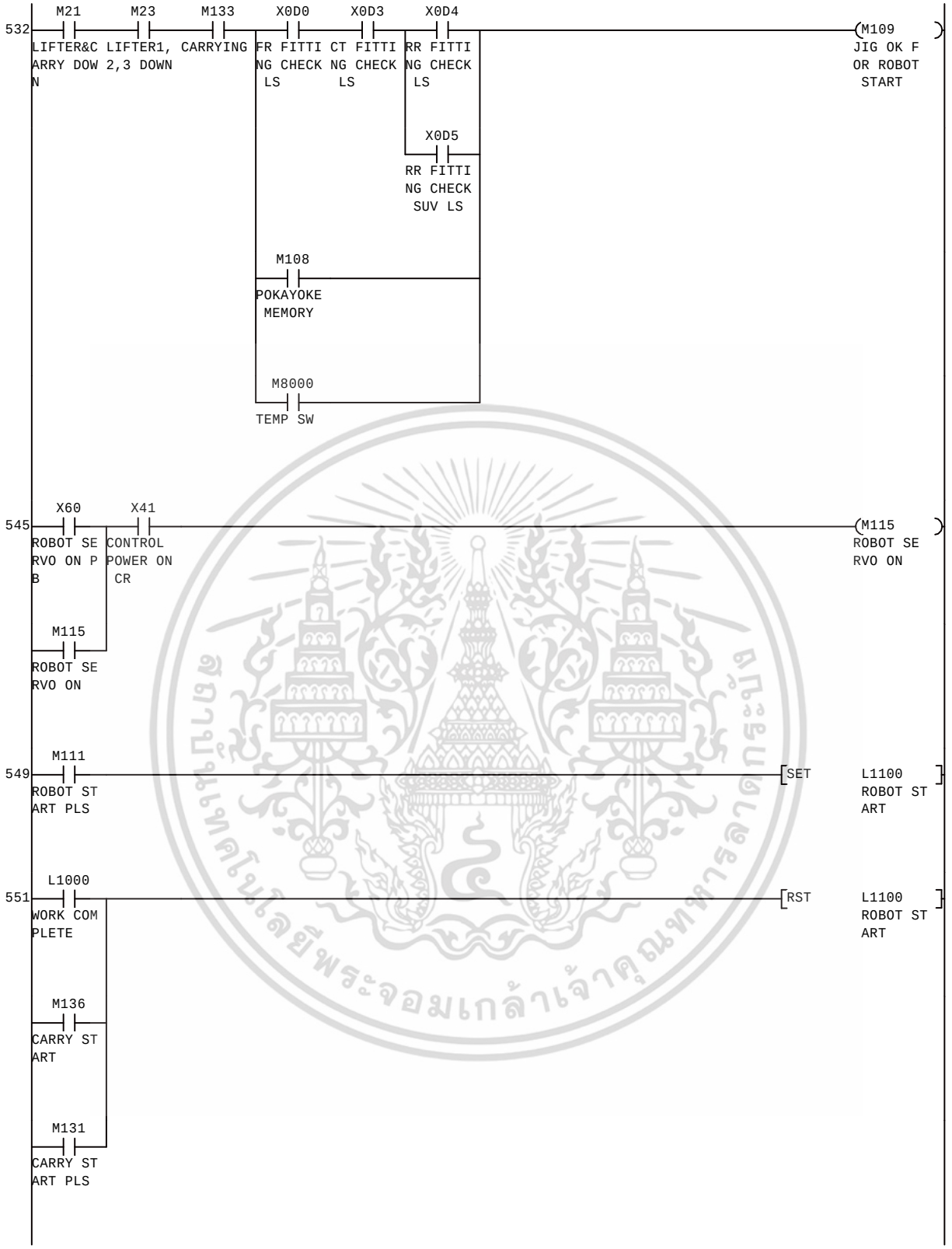
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



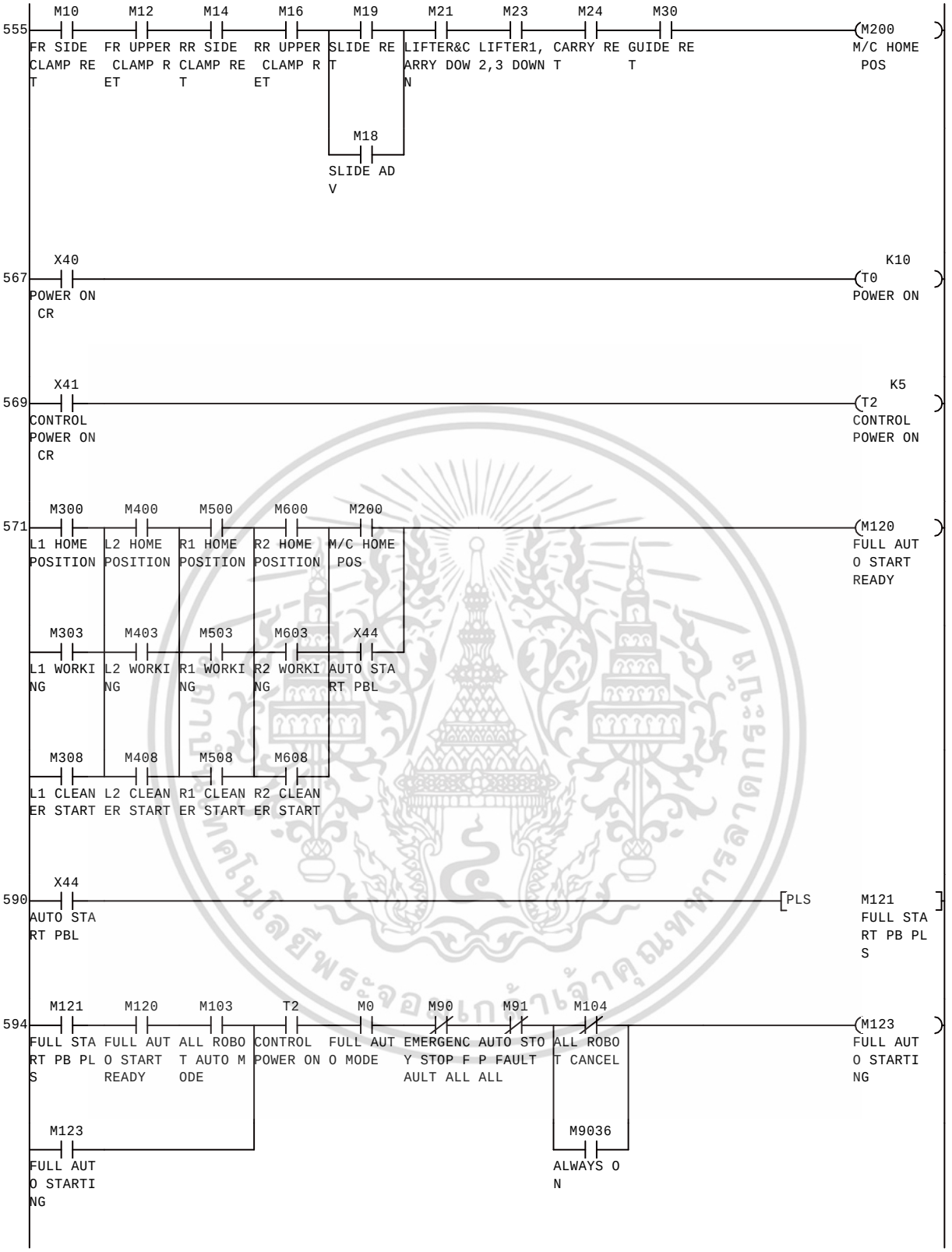
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



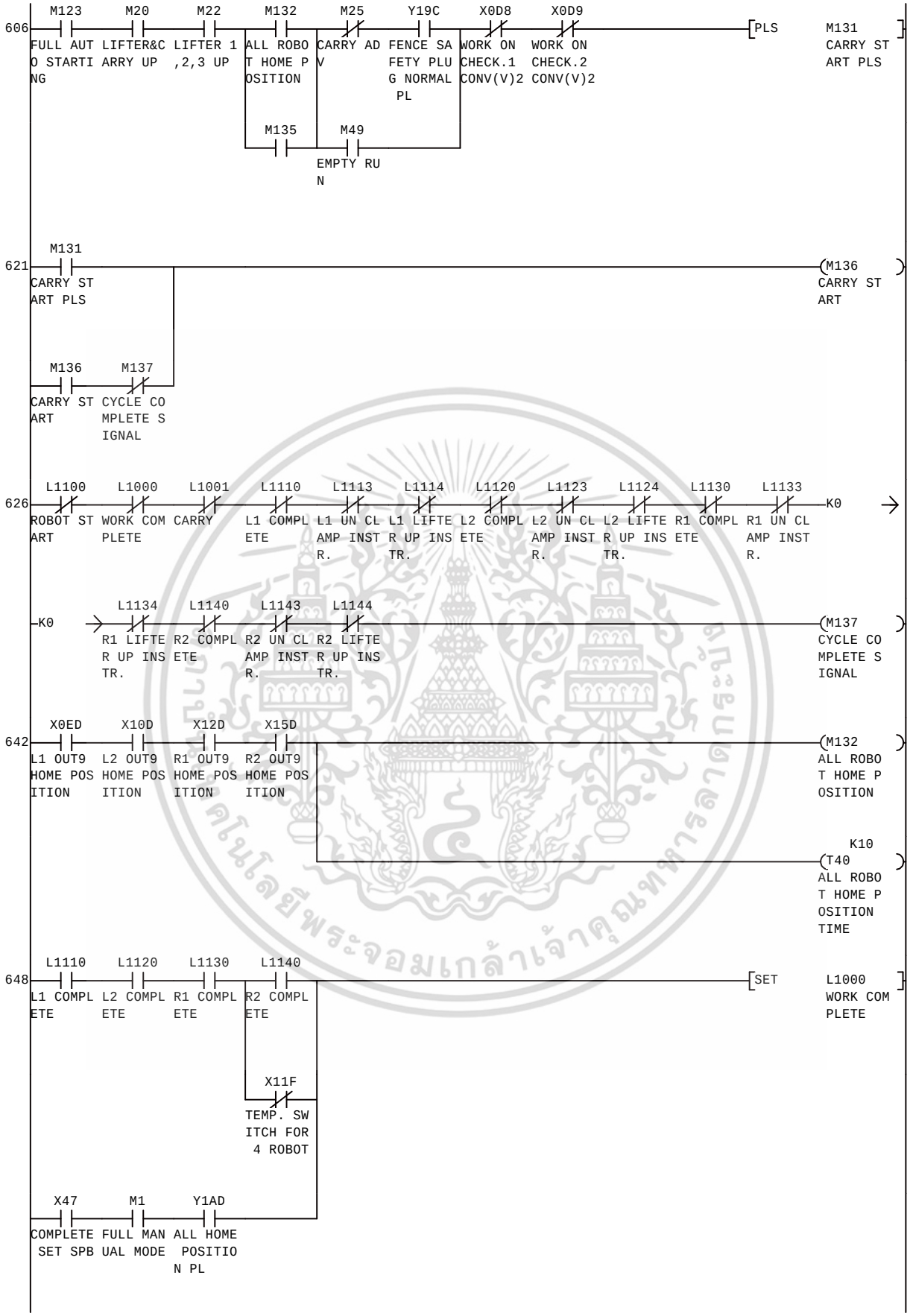
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



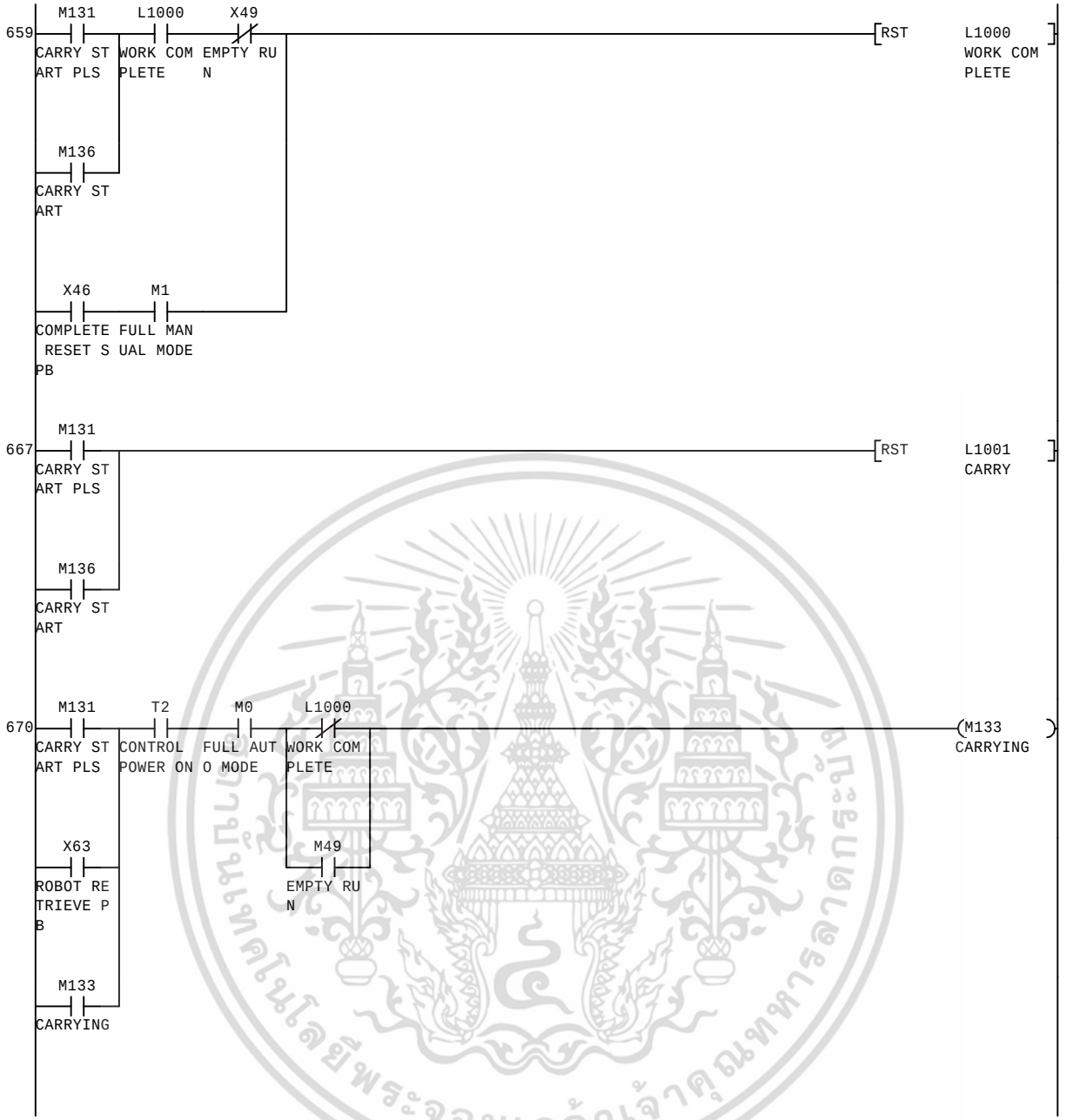
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



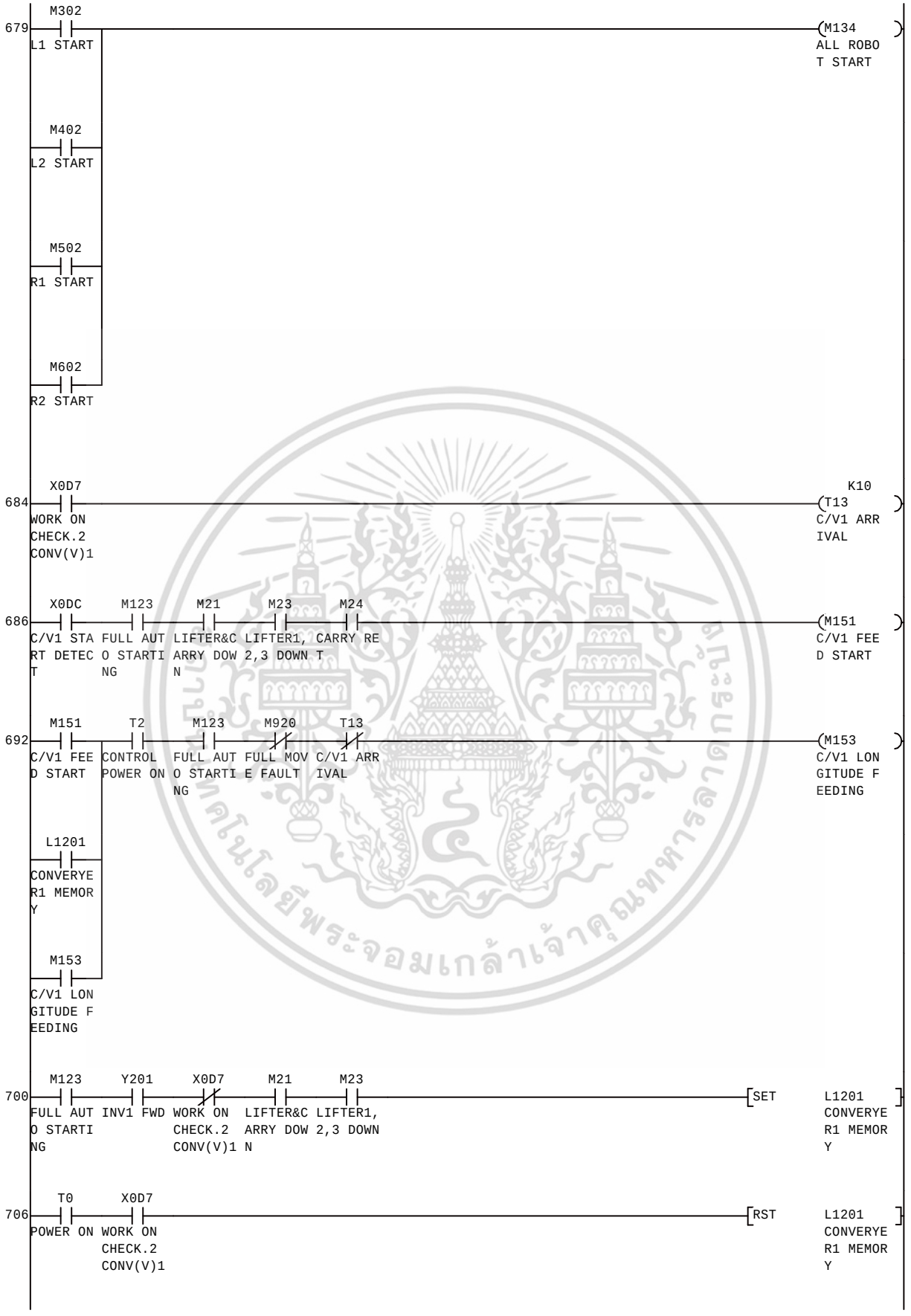
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



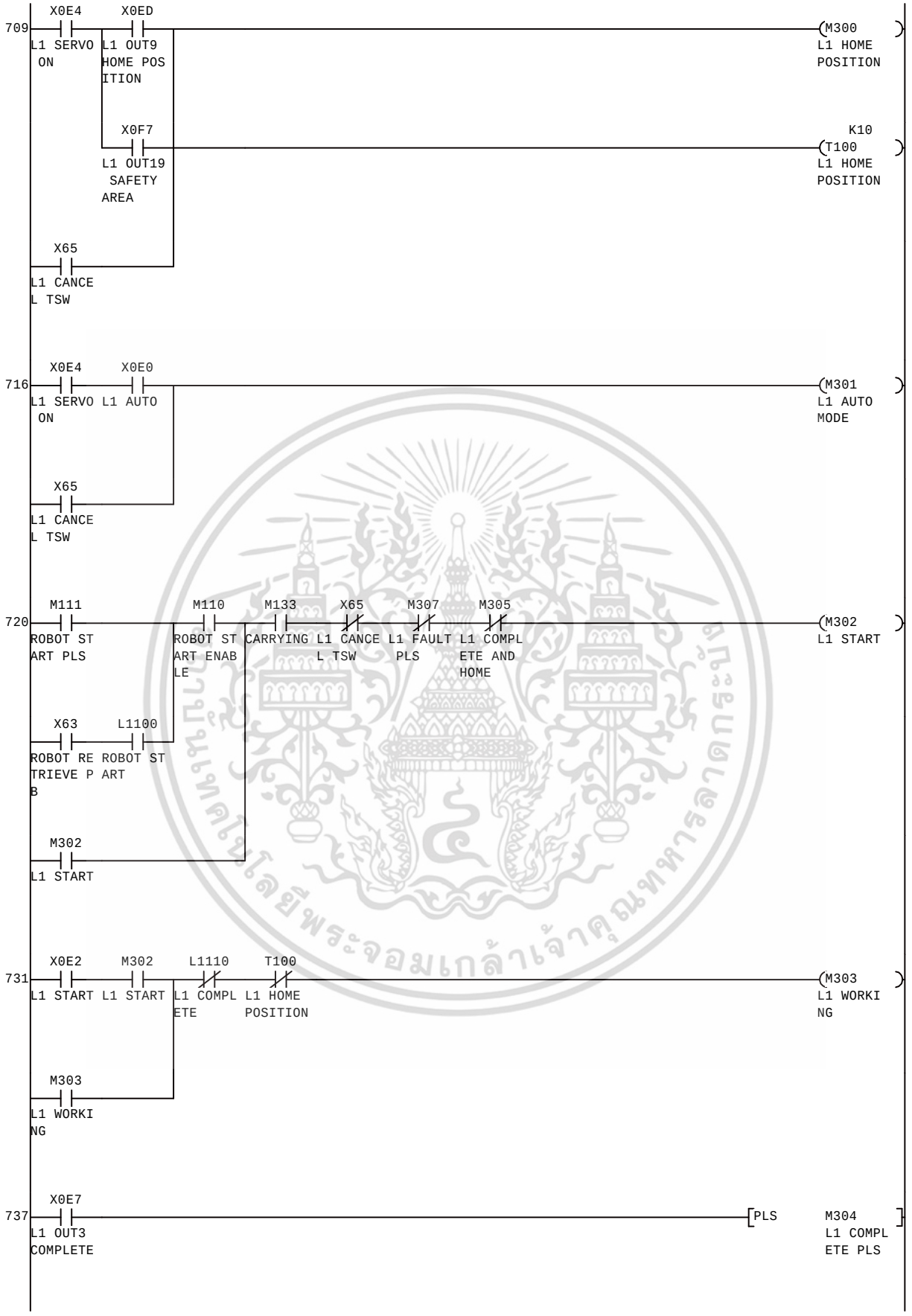
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



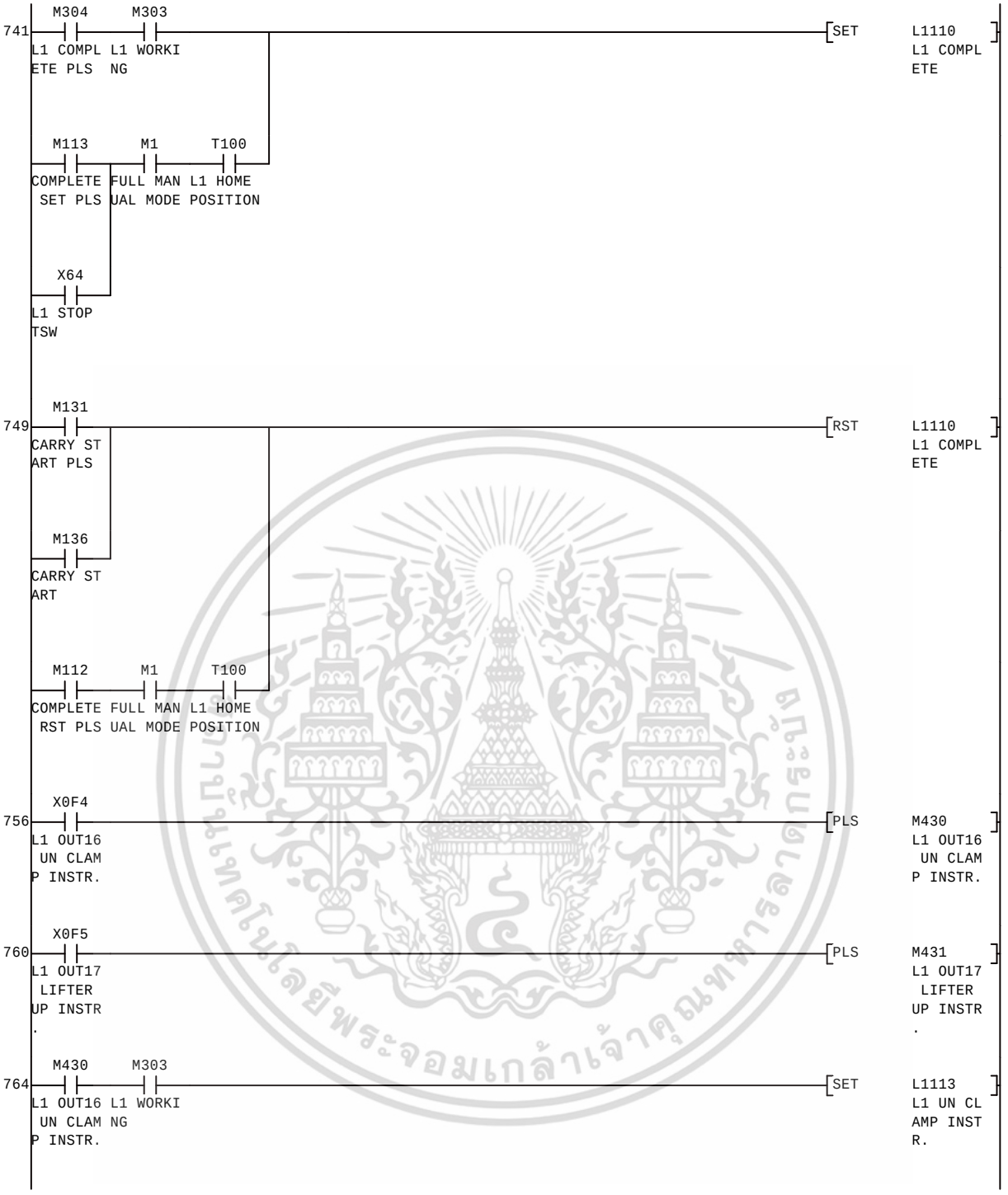
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



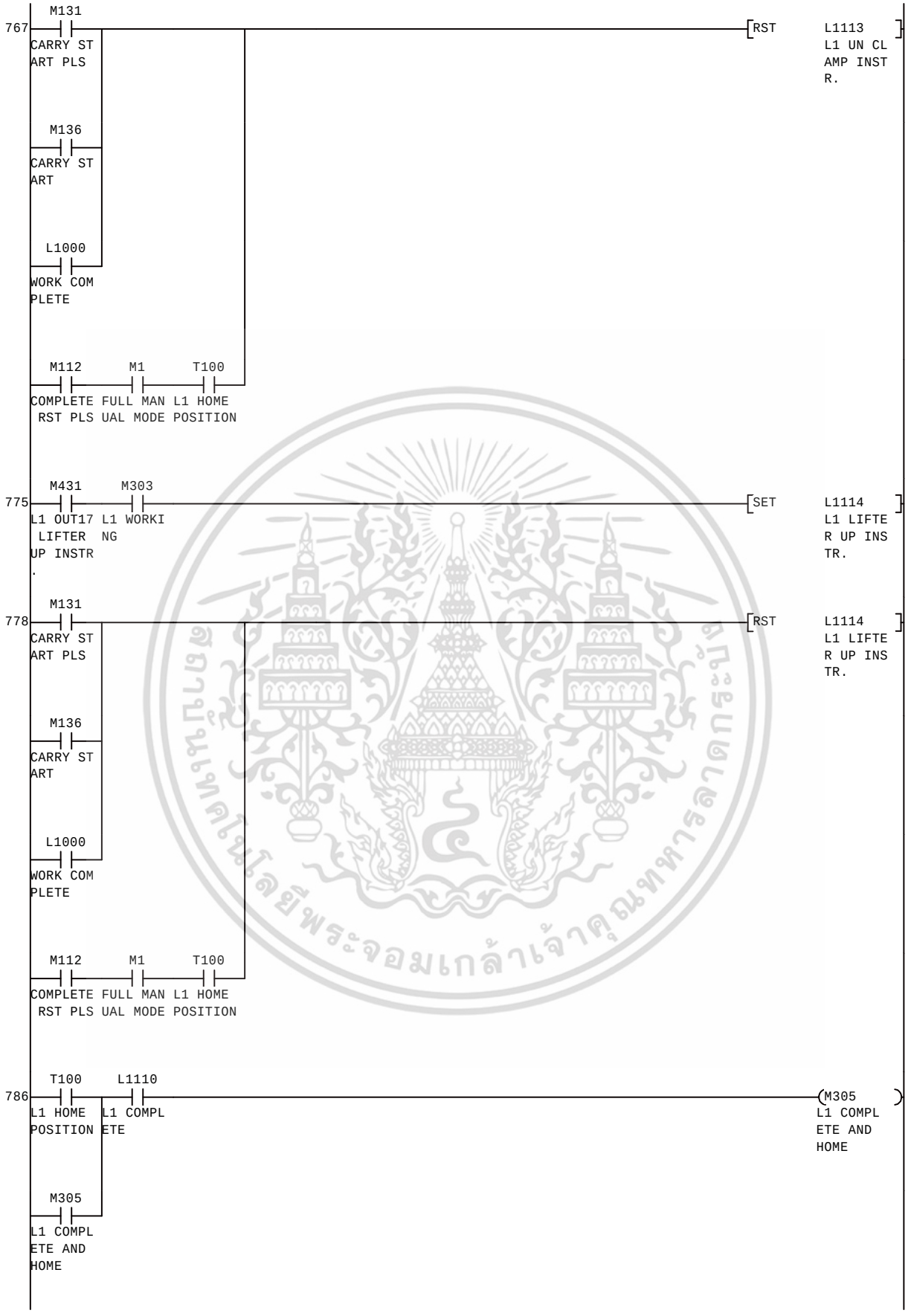
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



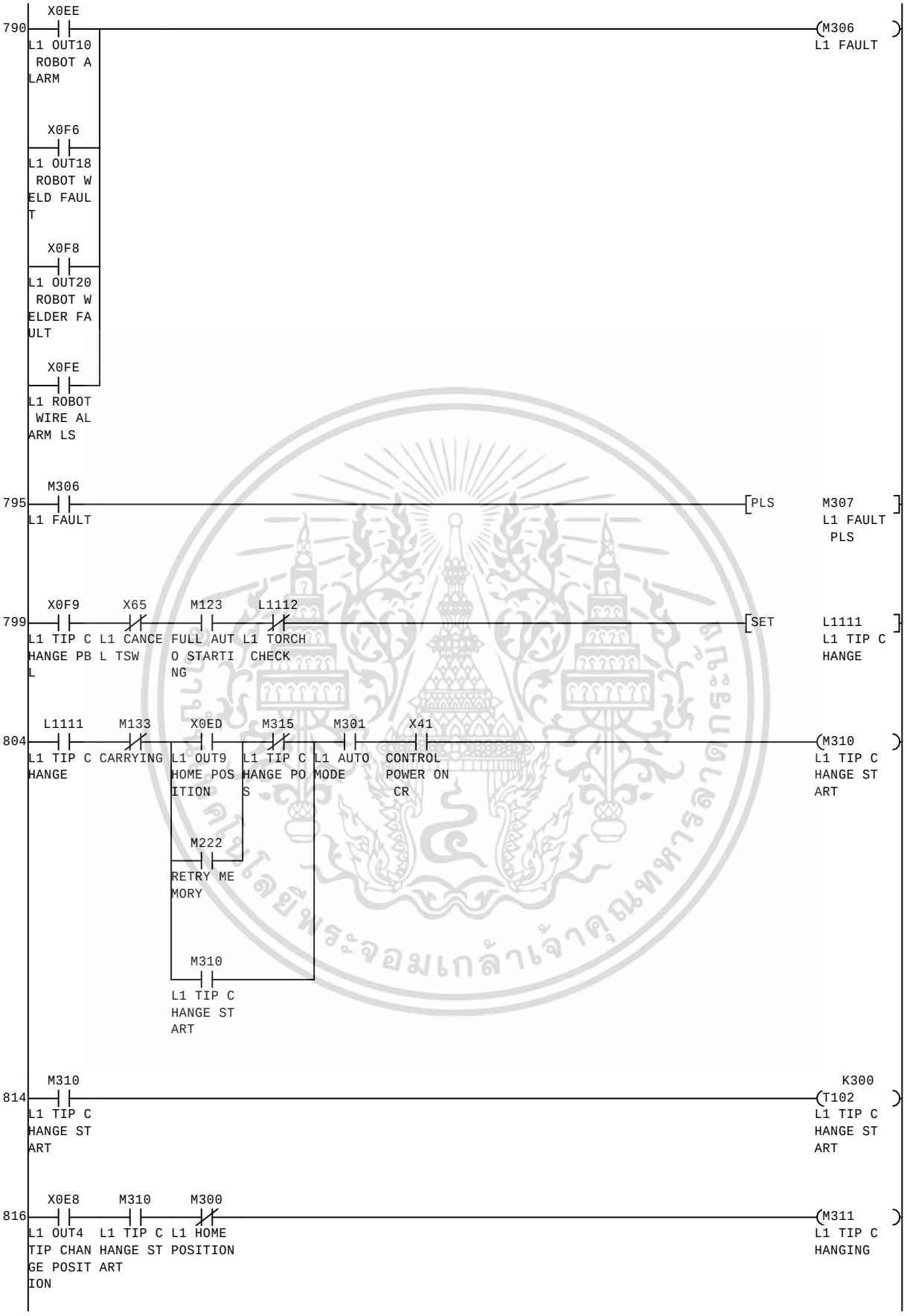
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



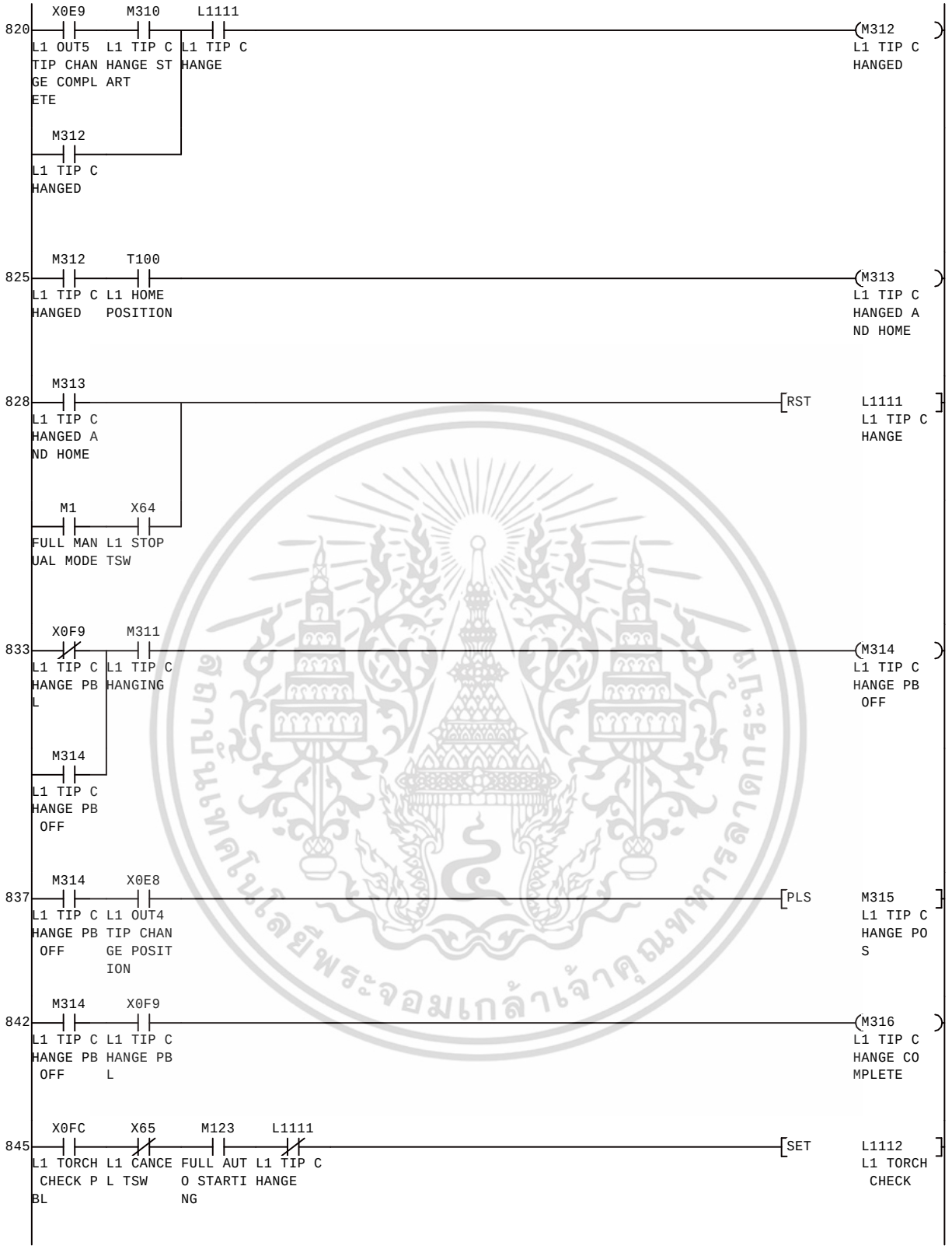
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



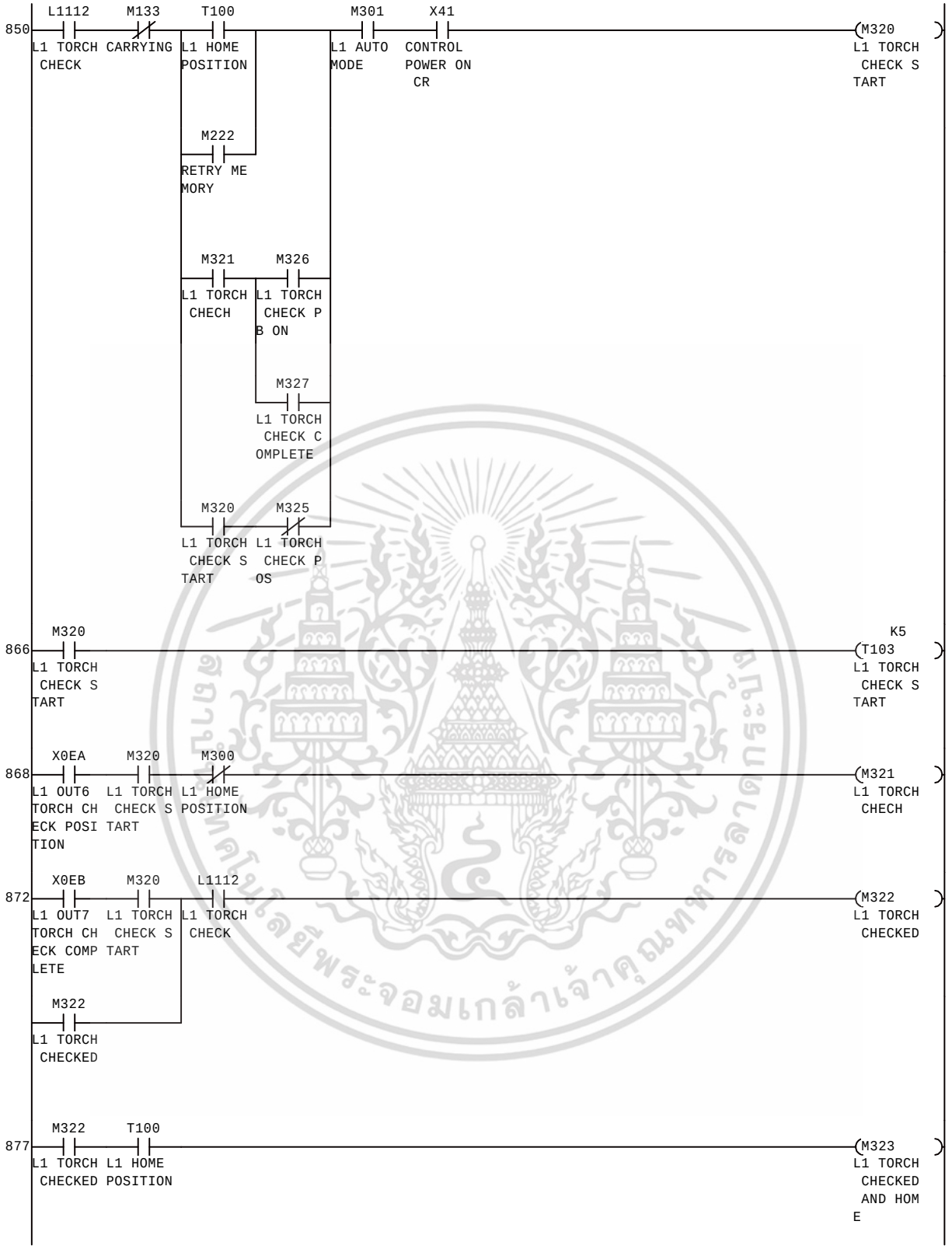
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



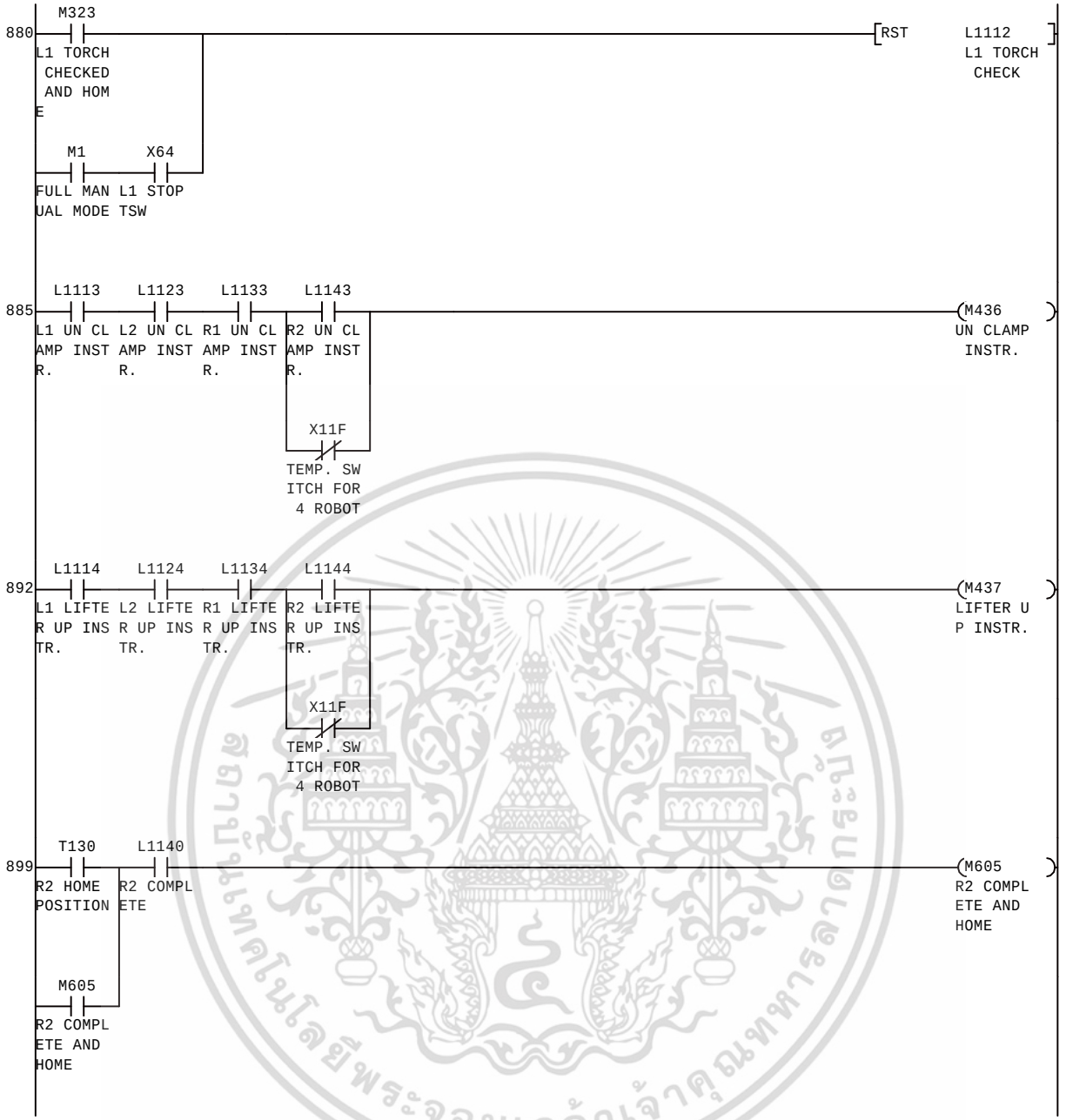
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



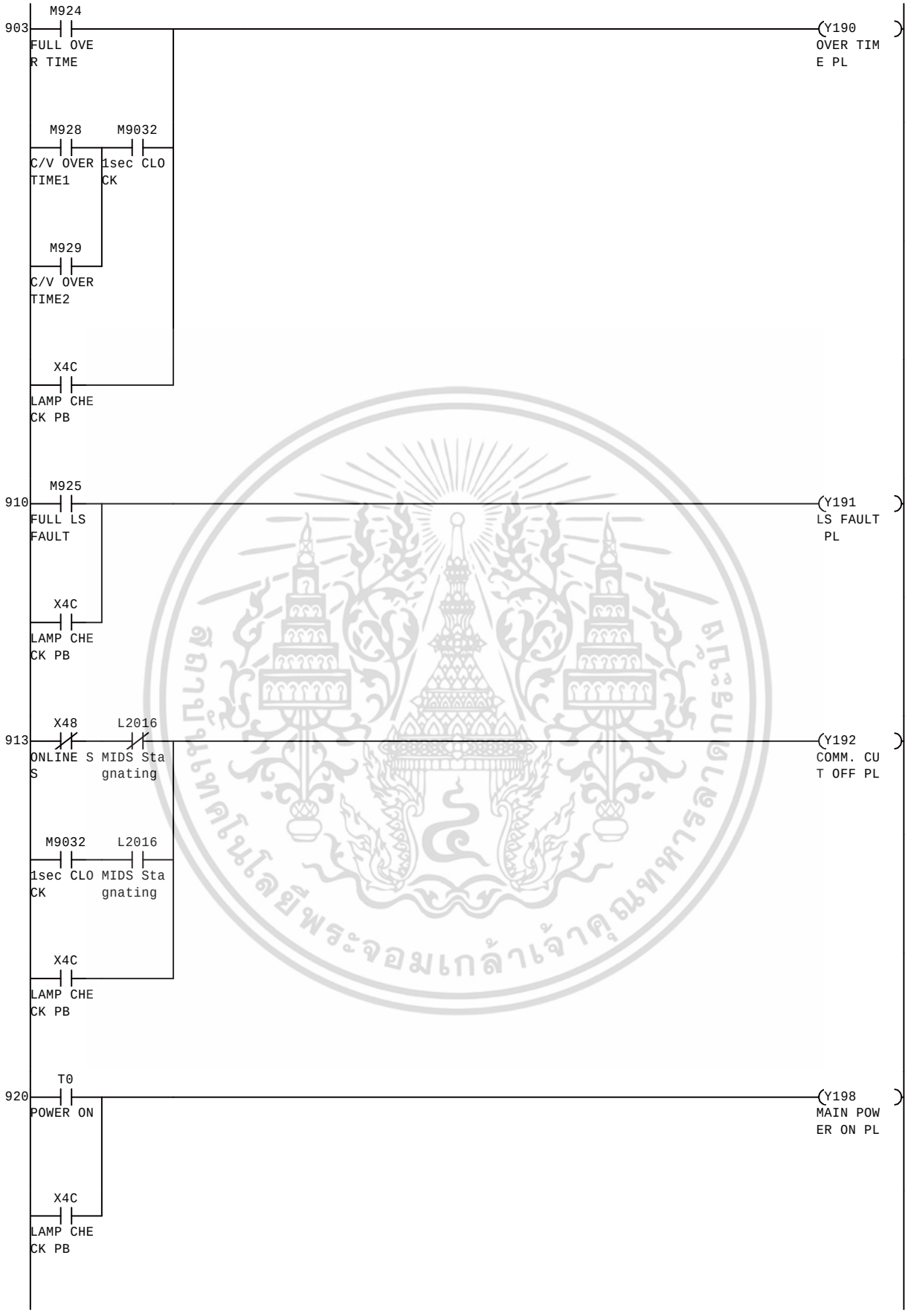
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



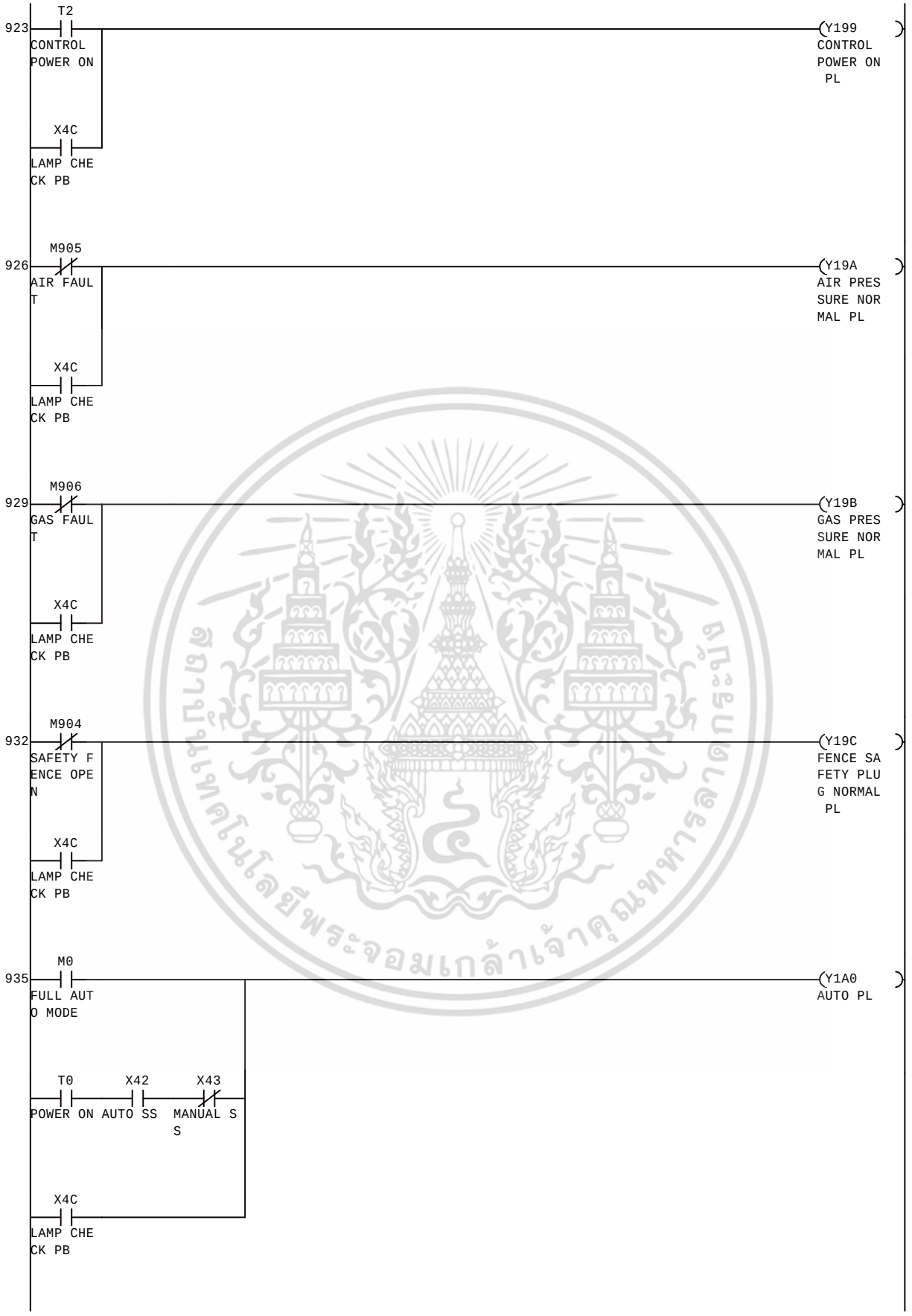
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



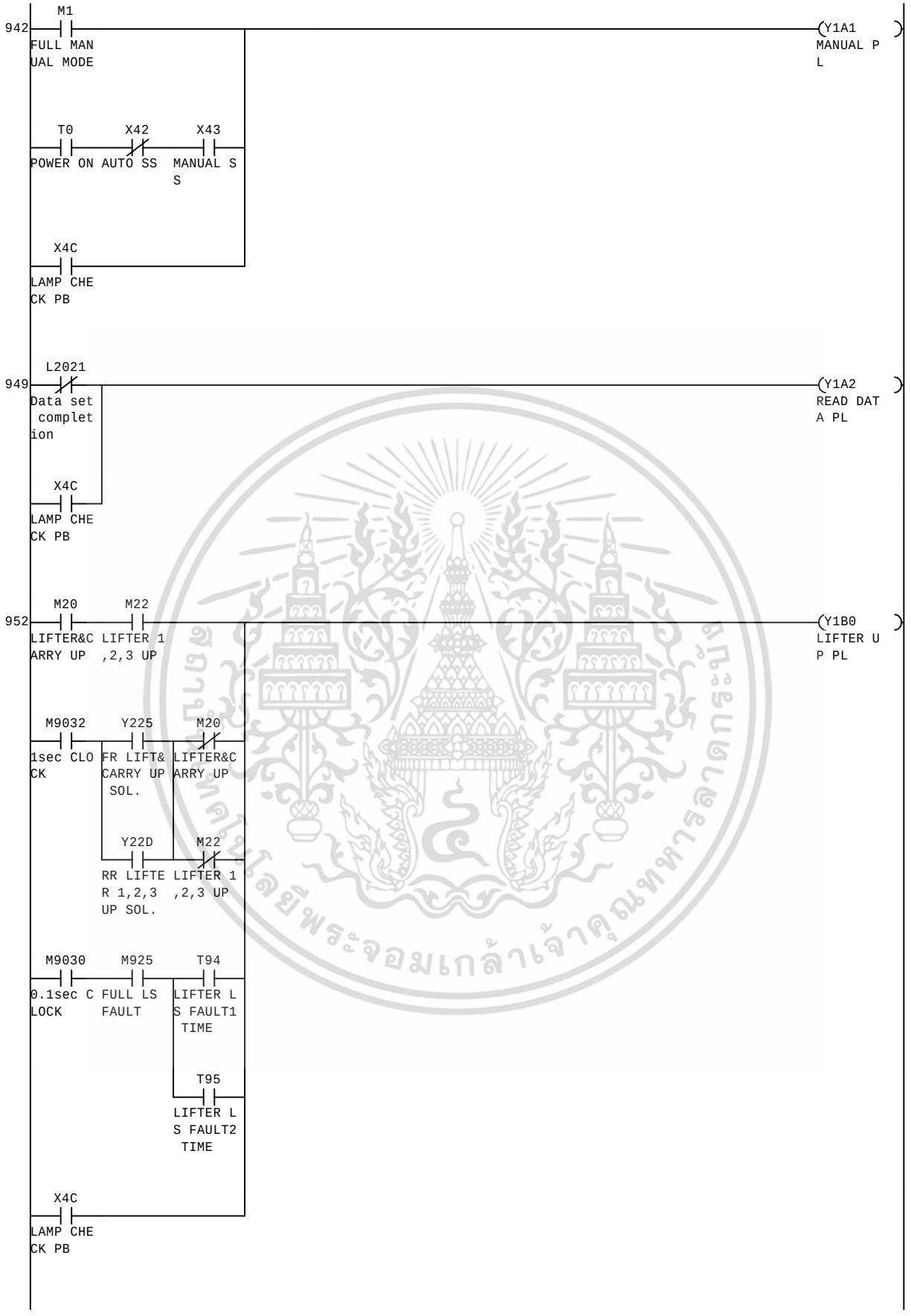
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



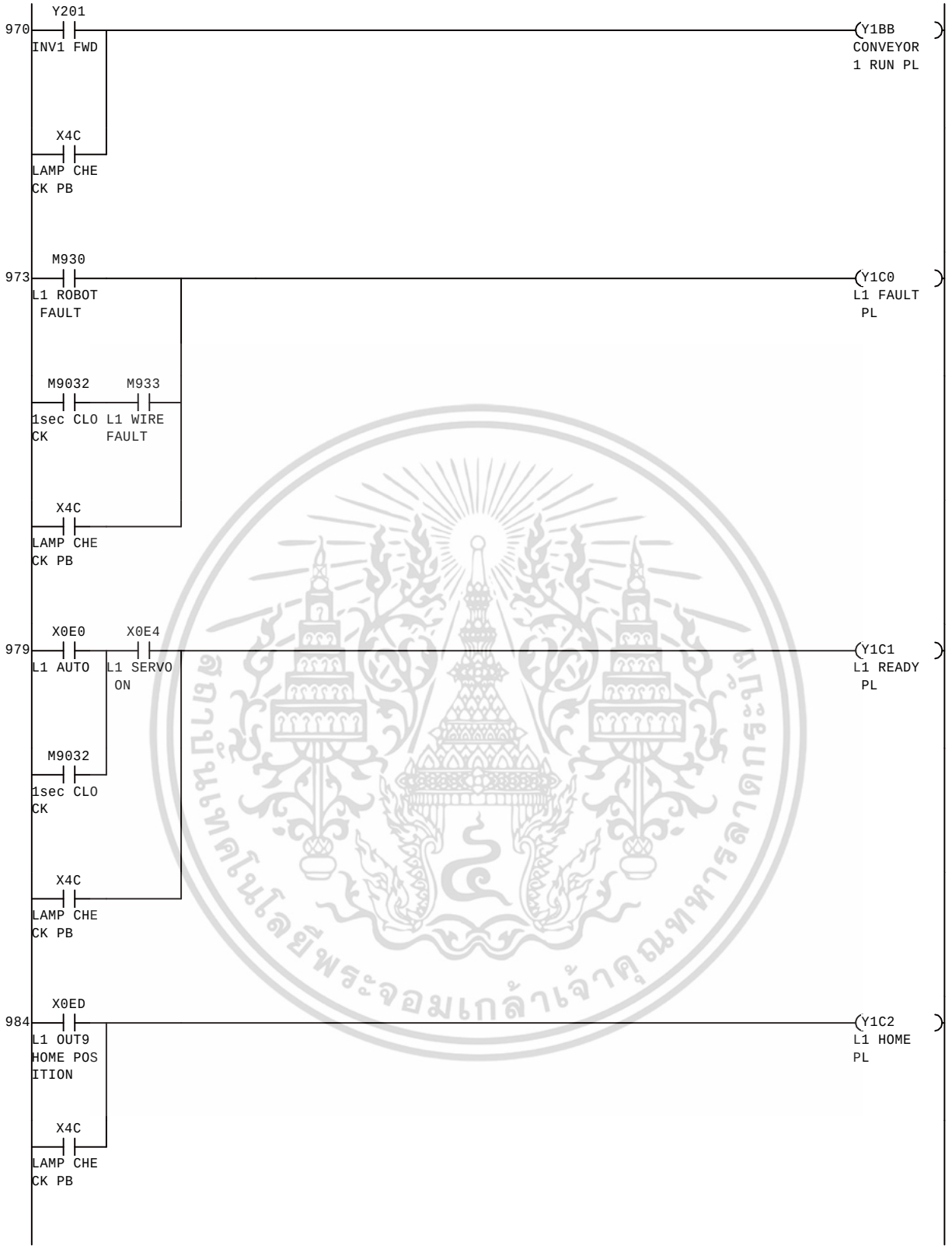
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



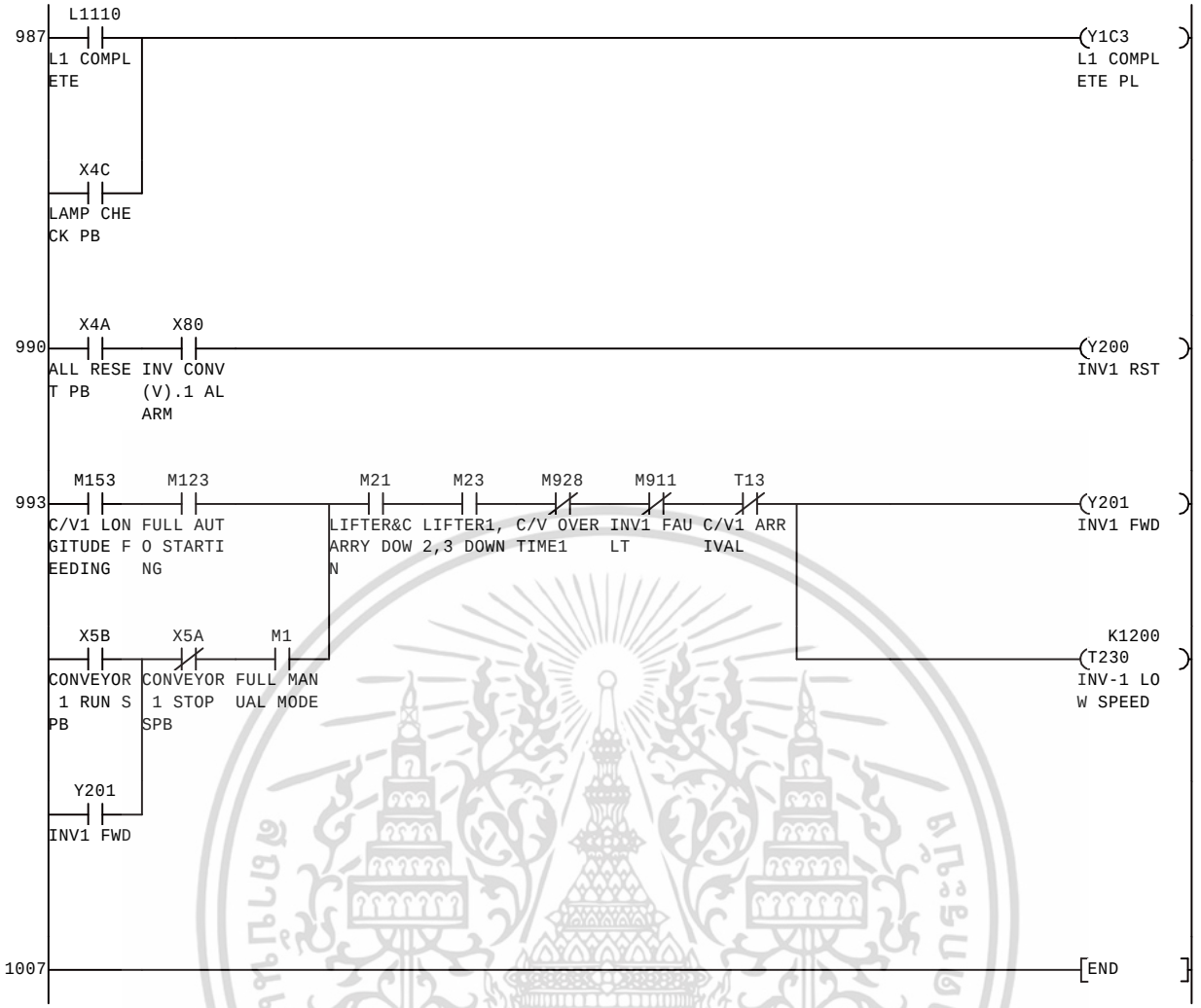
SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SIDE RAIL FULL WELDING LH

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SIDE RAIL FULL WELDING LH

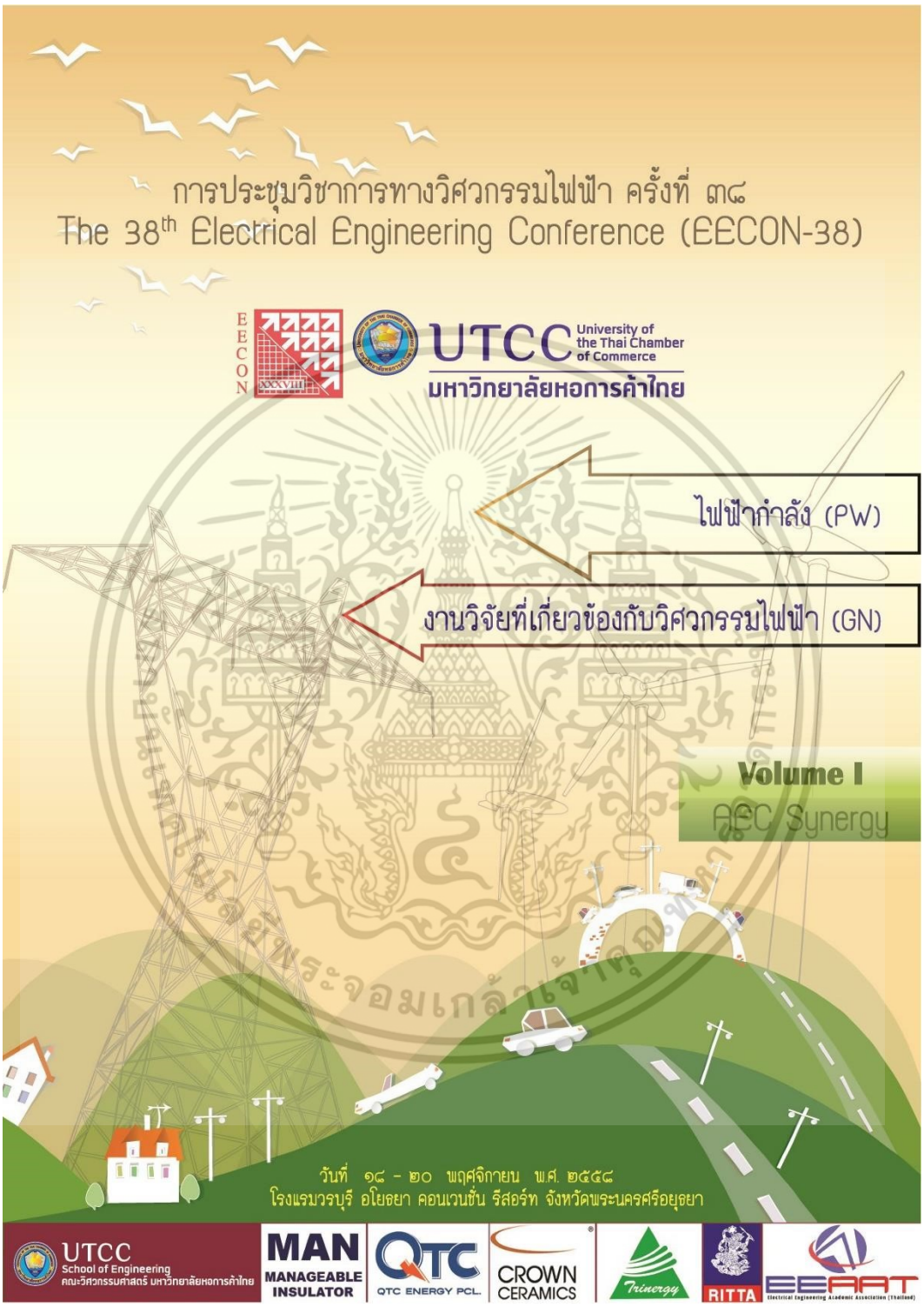
เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

บทความทางวิชาการ

1. บัญชา ทรงศักดิ์ศรี, รุจิรา ละกะเต็ม และเชาว์ ชมภูอินไหว, “กรณีศึกษาของการปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้พีแอลซี”, *การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 38 (EECON-38)*, P. 209-212, 18-20 พฤศจิกายน 2558.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PW47	**สมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิดกระตุ้นตัวเองผนวกอิเล็กทรอนิกส์โหลดคอนโทรลเลอร์ภายใต้การสับโหลดชนิดมอเตอร์เหนี่ยวนำ** พิชัย อารีย์ และ สมบูรณ์ หลักทรัพย์	**185**
PW48	**การศึกษาการสร้างพลังงานไฟฟ้าด้วยการออกแบบร่วมระหว่าง กังหันลมเซโวเนียซ กับ ไจโรมิล** ภูชงค์ เจริญประสพสุข, วันชัย อุดมมงคลกิจ และ เชาว์ ชมภูอินไหว	**189**
PW49	**แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เวลาจริงของโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับเทคโนโลยีผลึก** คชพงศ์ สุมานนท์, พิสิษฐ์ ลิ่วธนกุล, และ พสิษฐ์ สุวรรณกิงคาร	**193**
PW50	**ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กไหลตามแนวแกนเพลา** พูนศรี วรรณการ และ อดิศักดิ์ วิริยกรรม	**197**
PW51	**Harmonic Distortion Analysis of the Existing Industries and Reference signal for Harmonics Simulator** Pasist Suwanapingkarl, Arnon Singhasathein, Naruebet Srinuan, Sanchai Ketamporn, Sophonwit Tipprapai and Kabin Jongkhavadee	**201**
PW52	**การตรวจวัดดิสชาร์จบางส่วนเพื่อหาตำแหน่งโดยใช้เทคนิคทางเสียงและโปรแกรมแลปวิว** ศรัยจักร ปัทมนาวิน, วิษณุ ค่อตระกูล, ศักดิ์กมล ลีลาชินดาไกรฤกษ์ และ เชาว์ ชมภูอินไหว	**205**
PW53	**กรณีศึกษาของการปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้พีแอลซี** ปัญชา ทรงศักดิ์ศรี, รุจิรา ตะกะเต็ม และ เชาว์ ชมภูอินไหว	**209**
PW54	**การประเมินสมรรถนะการป้องกันฟ้าผ่าระบบสายส่งย่อยของ กฟน.** อรุณ ชลังสุทธิ์, ทง ลานธารทอง, นัฐ โชติ รักไทยเจริญชีพ และ อรรถ พยอมหอม	**213**
GN01	**ปัจจัยที่มีผลต่อธุรกิจพลังงานไทยสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล** ศิริวัฒน์ วรจันทร์ และ วันชัย จิมฉวี	**217**
GN02	**การออกแบบเครื่องกัดลายวงจรสายนำสัญญาณไมโครสตริปสำหรับระบบสื่อสารย่านความถี่ไมโครเวฟ** นิคุมมัต สันตวไมตรี, สมชาย สุเหร็น, อนุวัฒน์ มณีพรหม และ ศักดิ์ชัย ตันติวิวัทน์	**221**
GN03	**การเพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์บนหลังคาชนิดเชื่อมต่อสายส่งโดยใช้ฟิล์มน้ำ** ไพศาล เบื้องบน, สายชล คำพรม, สุวรรณ รวมกระโทก, กฤติเดช บัวใหญ่ และ กาญจน์ เกิดชื่น	**225**
GN04	**การติดตามกำลังสูงสุดสำหรับระบบแปลงผันพลังงานลมขนาดเล็กแบบอิสระ** ไกศล ชัยเจริญคุณมรุ่ง, กองพัน อารีรักษ์ และ กองพล อารีรักษ์	**229**
GN05	**Parameter Estimation of Stochastic Volatility Models using Particle Method and EM Algorithm** Tanit Malakorn and Thanapat Iamtan	**233**
GN06	**เครื่องจ่ายไฟแรงดันสูงกระแสตรงสำหรับการสร้างพลาสมา** คณิศร์ มาตรา และ เกริกเกียรติ พานิชการ	**237**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 38 (EECON-38) 18 - 20 พฤศจิกายน 2558 มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

PW53

กรณีศึกษาของการปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้พีแอลซี

A Case Study of Factory Automation Systems Enhancement Using PLC

บัญชา ทรงศักดิ์ศรี, รุจิรา ละกะเต็ม, เชาว์ ชมภูอินไหว

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์: 02-329-8330, E-mail: bancha.act@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอกรณีศึกษาของวิธีการปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติโดยการใช้งานพีแอลซี (Programmable Logic Controller: PLC) ร่วมกับการนำหุ่นยนต์แขนกล (Robotics) มาใช้เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรและแรงงานที่มีฝีมือ รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพ และ กำลังการผลิต โดยจะยกตัวอย่าง ปัญหาในไลน์การผลิตโครงช่วงล่าง (Chassis: แชสซี) ของรถกระบะขนาดหนึ่งตันในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง ซึ่งผลที่ได้จากการออกแบบ และ ติดตั้งระบบที่นำเสนอ พบว่าเป็นที่น่าพอใจ ทั้งในแง่ของคุณภาพของชิ้นงาน และกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น จากผลของรอบเวลาการทำงานที่สั้นลง ทั้งนี้ระบบดังกล่าวยังสามารถที่จะรองรับการขยายกำลังการผลิตได้ในอนาคตอีกด้วย

คำสำคัญ: พีแอลซี, หุ่นยนต์แขนกล, แชสซี, รอบเวลาการทำงาน

Abstract

This paper presents a case study of factory automation systems enhancement using Programmable Logic Controller (PLC) combine with the robotics to improving the issue from insufficient human resources and labor skill and increasing in efficiency and capacity of the production line chassis (One Metric Ton Frame Assembly Line) somewhere automotive factory. The results from designing and installing the proposed systems are satisfied both in terms of quality and productivity. Furthermore, the systems can reduce cycle times and also able to support the expansion of production capacity in the future.

Keywords: PLC, Robotics, Chassis, Cycle Time

1. บทนำ

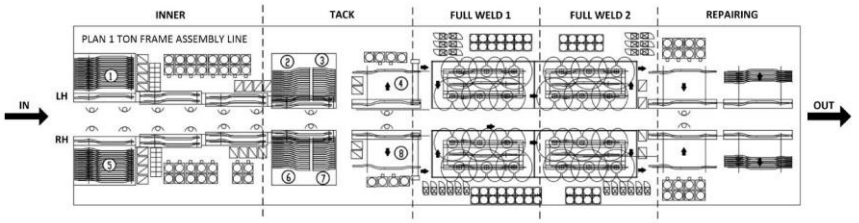
ระบบควบคุมอัตโนมัติที่กล่าวถึงในบทความนี้หมายรวมถึง การทำงานร่วมกันระหว่างระบบพีแอลซีและหุ่นยนต์แขนกลเพื่อทดแทนการทำงานของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง โดยวัตถุประสงค์หลักในการนำระบบควบคุมอัตโนมัติมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม คือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำในการทำงาน รวมถึงเพื่อประโยชน์ในการลดเวลาการทำงานในกระบวนการผลิต ซึ่งจะส่งผลสุดท้ายคือการเพิ่มคุณภาพและกำลังการผลิตนั่นเอง

ในบทความนี้จะกล่าวถึงกรณีศึกษาของการออกแบบระบบควบคุมควบคุมอัตโนมัติเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของไลน์การผลิตโดยจะยกตัวอย่าง ปัญหาในไลน์การผลิตโครงช่วงล่าง (Chassis: แชสซี) ของรถกระบะขนาดหนึ่งตัน (One Metric Ton Frame Assembly Line) ของโรงงาน AAA (นามสมมติ) โดยภาพรวมของไลน์การผลิตดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 1 ก) ซึ่งประกอบไปด้วย (1) Station Inner (LH/RH) ทำหน้าที่นำ Rail Force, Nut, Small Bracket เชื่อมที่ Side Rail Inner (2) Station Tack (LH/RH) ทำหน้าที่นำ Side Rail Outer มาประกบกับ Side Rail Inner แล้วให้พนักงานเชื่อมยึด (Tack Welding)ไว้ (3) Station Full Welding No.1 (LH/RH) ทำหน้าที่เชื่อมตลอดแนวระหว่าง Side Rail Outer กับ Side Rail Inner โดยวิธีการเชื่อมนั้นจะเชื่อมแบบเว้นระยะ เหตุผลที่จะต้องเชื่อมแบบเว้นระยะก็เนื่องจากว่า ถ้าเชื่อมตลอดแนวเลยทีเดียว อาจจะมีผลทำให้แชสซีบิดเสียรูปได้ (4) Station Full Welding No.2 (LH/RH) ทำหน้าที่เชื่อมตลอดแนวระหว่าง Side Rail Outer กับ Side Rail Inner เช่นกัน แต่จะเป็นการเชื่อมในส่วนที่ Full Welding No.1 เว้นระยะไว้ (5) Station Repairing (LH/RH) ทำหน้าที่ตรวจสอบชิ้นงานก่อนเข้า Cross Member Assembly Line ต่อไป

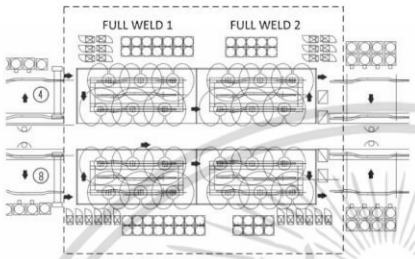
สำหรับระบบควบคุมอัตโนมัติที่นำเสนอในบทความนี้จะเน้นเฉพาะการออกแบบการทำงานในส่วนของระบบของพีแอลซีที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนในการทำที่ Station Full Welding No.1 และ No.2 ดังแสดงในรูปที่ 1 ข) เท่านั้น ซึ่งการทำงานในส่วนนี้จะใช้หุ่นยนต์แขนกล รับคำสั่งจาก PLC เพื่อทำหน้าที่เชื่อมตลอดแนวระหว่าง Side Rail Outer กับ Side Rail Inner แทนที่วิธีการเดิมทั้งหมดที่ใช้บุคลากร/แรงงาน ในการทำหน้าที่เชื่อมตลอดแนว รูปที่ 1 ค) แสดงผลผลิตสุดท้ายจากไลน์การผลิตโครงช่วงล่างดังกล่าว

เนื้อหาในบทความนี้จะเริ่มกล่าวถึงทั้งรายละเอียดและทฤษฎีพื้นฐานของระบบพีแอลซี, อุปกรณ์หลักที่เกี่ยวข้อง ในส่วนถัดไปจะกล่าวถึงแนวคิดและลำดับขั้นตอนในการออกแบบ จากนั้นจะกล่าวถึงขั้นตอนและผลการทดสอบระบบที่ออกแบบเมื่อเทียบกับระบบเดิมที่ต้องใช้บุคลากรในการปฏิบัติงาน และท้ายสุดจะเป็นบทสรุปของงานวิจัย

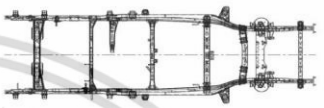
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) ภาพรวมของไลน์การผลิต



ข) ส่วนงานที่นำระบบ PLC เข้าไปใช้งานในบทความ



ค) ลักษณะโครงช่วงล่างของรถกระบะ 1 คัน

รูปที่ 1 ไลน์การผลิตโครงช่วงล่างของรถกระบะหนึ่งคันของกรณีศึกษาที่กล่าวถึงในบทความ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พีแอลซี (Programmable Logic Controller: PLC)

พีแอลซี (PLC) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงาน โดยการเขียนโปรแกรมควบคุม ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆแทนวงจรรีเลย์แบบเก่า โดยพีแอลซีมีข้อดีคือ ใช้งานได้ง่ายกว่าระบบรีเลย์แบบเก่า สามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตได้โดยตรง แก้ไขได้ง่าย เป็นต้น

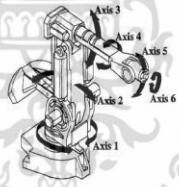
2.2 หุ่นยนต์แขนกล (Robotics)

หุ่นยนต์แขนกล คือ หุ่นยนต์ชนิดหนึ่งที่นำมาใช้งานในวงการอุตสาหกรรมการผลิต ได้ถูกนำมาใช้แทนแรงงานมนุษย์ในงานที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง, งานที่ต้องทำซ้ำ ๆ กันตลอดเวลา,งานที่เป็นอันตราย, งานที่หนักและยากเกินที่มนุษย์จะทำไหว หุ่นยนต์แขนกลนั้นสามารถใช้ทำงานได้หลายรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่นมือคีบจับ, หัวเชื่อม, อุปกรณ์ประกอบชิ้นส่วน, ปืนพ่นสี, หัวเจาะ เป็นต้น

รูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกลแบบ 6 แกนที่กล่าวถึงในบทความนี้มีสองรูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2 คือ

2.2.1 การเคลื่อนที่ในแนวแกน (Prismatic) คือ แกนทั้ง 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น รูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับคน โดยการเคลื่อนที่จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ขึ้นลง

2.2.2 การเคลื่อนที่รอบแกน (Revolution) คือ ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุน (Revolute) รูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับแขนคน โดยการเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงาน



รูปที่ 2 หุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์แบบ 6 แกน

2.3 อุปกรณ์ไฟฟ้า และ อุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ ประกอบไปด้วย อุปกรณ์ไฟฟ้า, อุปกรณ์นิวเมติคส์และเซ็นเซอร์ต่างๆ ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้หลักๆ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker), รีเลย์ (Relays), แมกเนติค คอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor), ซีเล็คเตอร์สวิทช์ (Selector Switch), พุชบัทตอนสวิทช์ (Push Button Switch), 3 เฟส อินดัคชั่นมอเตอร์ (3∅ Induction Motor) เป็นต้น ส่วนอุปกรณ์นิวเมติคส์ (Pneumatic) เช่น โซลินอยล์ วาลย์ (Solenoid Valve), กระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Cylinder) เป็นต้น และในส่วนของเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้งาน เช่น พร็อกซิมิตี้สวิทช์ (Proximity Switch), ลิมิตสวิทช์ (Limit Switch), รีดสวิทช์ (Read Switch), เซ็นเซอร์แสง (Photo Sensor) เป็นต้น

ก. Push Button Switch

ข. Induction Motor

ค. Circuit Breaker

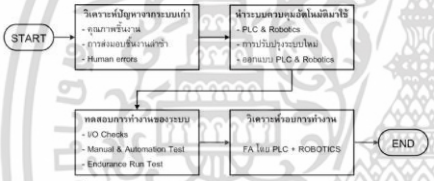
ง. Sensor

รูปที่ 3 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ

3. การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่นำเสนอ

3.1 แนวคิดและขั้นตอนในการออกแบบ

จากปัญหาทางด้านคุณภาพของชิ้นงานรวมถึงความล้าช้าในการส่งมอบชิ้นงานที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบควบคุมอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนในส่วนที่ใช้บุคลากรในการผลิต หลังจากการคิดตั้งจะทำการทดสอบและวิเคราะห์การทำงาน โดยมีลำดับขั้นตอนเป็นไปตามบล็อกไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ภาพรวมของแนวคิดและขั้นตอนในการออกแบบ

ในส่วนของการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัตินั้น ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ (1) การออกแบบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ (2) การออกแบบโปรแกรมสำหรับระบบพีแอลซี โดยที่รายละเอียดจะกล่าวในลำดับต่อไป

3.2 การออกแบบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ (Hard Wire Drawing)

การออกแบบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่นำเสนอในบทความนี้อ้างอิงจากมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยปี พ.ศ.2556 [1] ซึ่งเป็นมาตรฐานหลักที่ใช้ในการออกแบบฯ ขั้นตอนในการออกแบบมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 รับ Assembly Drawing, Timing Diagram, Air Schematic ของงาน 1 Ton Frame Assembly Line

3.2.2 ออกแบบวงจรกำลัง (Power Circuit) วงจรควบคุม (Control Circuit) ชุดป้องกันความปลอดภัยของระบบทั้งหมด (Pokayoke System)

3.2.3 เลือกไฟเลี้ยง V_{in} เป็นแบบ Sink

3.2.4 เลือกชนิดของสัญญาณ Output เป็นแบบ Relay ซึ่งสามารถขับโหลดได้ทั้ง A.C. และ D.C.

3.2.5 เลือก Memory เป็นแบบ EPROM

3.2.6 เลือก PLC. ยี่ห้อ Mitsubishi โดยเลือกใช้งานเป็นแบบ Modular ชนิด Q - Series ซึ่งการกำหนด Address จะใช้เลขฐาน 16 (0 –F) เป็นตัวกำหนด Address แล้วกำหนดเบอร์ให้อุปกรณ์ Input / Output

3.2.7 ออกแบบ Main Control Box, Operation Box, Terminal Box, Communication Box (CC-Link Connection) รวมถึง Name Plate ที่จะใช้ระบุเบอร์อุปกรณ์ Input / Output

3.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับระบบพีแอลซี (PLC Programming)

การออกแบบคำสั่งโปรแกรมสำหรับ PLC. นั้น สามารถเลือกใช้งานได้ 3 รูปแบบ [3] คือ (1) คำสั่ง Instruction Code หรือ Instruction List (2) คำสั่ง Sequencer Function Chart (3) คำสั่ง Ladder Diagram

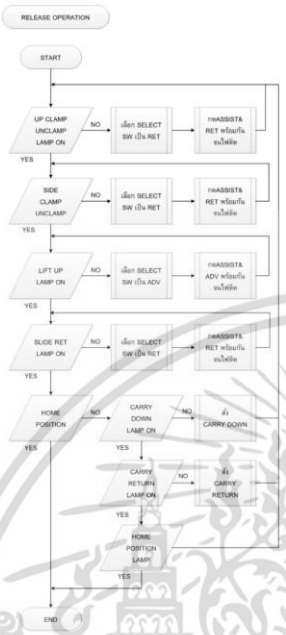
ในการออกแบบ Sequencer ในงานวิจัยนี้จะใช้คำสั่ง Ladder Diagram โดยใช้โปรแกรม GX Developer ในการออกแบบคำสั่ง Ladder Diagram นั้น จะต้องอ้างอิงจาก Timing Diagram หรือ Flow Chart ดังรูปที่ 5 และ 6 ซึ่งการจะออกแบบ ให้ครอบคลุมและให้ง่ายต่อการค้นหาคำสั่งต่างๆใน Ladder Diagram จึงต้องออกแบบให้มี Sub Program เพิ่มเติม โดยสามารถแบ่งการออกแบบ Sub Program ได้ดังต่อไปนี้ (1) Central Control Room Sub Program (2) Car Type Sub Program (3) Control Sub Program (4) Fault Sub Program (5) Mode Manual Sub Program (6) Mode Auto Sub Program (7) Mode Interlock Sub Program (8)Sensor Sub Program (9) Output Sub Program (10) Touch Panel Sub Program (11) Mode Endurance Run Sub Program และ (12) Indicator for Production Status เป็นต้น

4. การทดสอบการทำงานของระบบและอุปกรณ์ต่างๆ (Commissioning Test Procedures)

หลังจากที่การติดตั้งระบบฯทั้งหมดเสร็จเรียบร้อย ขั้นตอนต่อไปจะต้องทำการทดสอบการทำงานของระบบและอุปกรณ์ต่างๆให้พร้อมก่อนที่จะเริ่มผลิตฯจริง (Start Operation Production : SOP.) โดยจะต้องทดสอบการทำงานในโหมด Manual ตามขั้นตอนใน Flow Chart ดังรูปที่ 5 เมื่อตรวจสอบการทำงานในโหมด Manual จนแน่ใจแล้วว่าอุปกรณ์จับยึดแชสซี (Jig Fixture) ในส่วนต่างๆไม่เกิดการชนหรือเบียดกัน (Interfere) ระบบไฟฟ้าในส่วนต่างๆทำงานถูกต้องตาม หลอดไฟแสดงสถานะการทำงานต่างๆ ระบบป้องกันความปลอดภัยได้กำหนดถูกต้องตาม Flow Chart ดังรูปที่ 5 รวมถึงการ Teaching เพื่อกำหนดให้หุ่นยนต์แขนกลแต่ละตัวเชื่อมงานในช่วงไหน, ใช้ระยะเวลาเชื่อมตัวละเท่าไหร่ ก่อนที่จะนำ Chassis Part Sample เข้าไปทดสอบการทำงานในโหมด Manual ให้แน่ใจในระบบต่างๆจนครบแล้ว จึงจะสามารถทดสอบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานในแบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ (Endurance Run) ตามขั้นตอนใน Flow Chart ดังรูปที่ 6 ต่อไป



รูปที่ 5 แผนภูมิการทำงานใน Manual Mode

5. ผลการทดสอบการทำงานของระบบ (Test Results)

หลังจากทำการติดตั้งระบบที่ออกแบบในไลน์การผลิตจริงแล้ว จึงได้ทำการทดสอบระบบโดยการจับเวลาของแต่ละรอบการทำงาน รวมถึงกระบวนการย่อยในแต่ละส่วนแล้ว ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบรอบการทำงานหลังจากเปลี่ยนมาใช้ระบบ PLC

Stations No.	รอบการทำงาน (วินาที)	
	ก่อน	หลังติดตั้งระบบที่ออกแบบนำเสนอ
Inner	150	150
Tack	226	226
Full Welding No.1	651	72
Full Welding No.2	447	59
Total	**1,474**	**507**

รูปที่ 6 แผนภูมิการทำงานใน Automatic Mode

6. สรุป

บทความฉบับนี้ ได้นำเสนอกรณีศึกษาของการปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้พีแอลซี ร่วมกับการนำหุ่นยนต์แขนกลมาใช้ในไลน์โครงช่วงล่างของรถกระบะหนึ่งตัน ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ในการปรับปรุงและทดสอบการทำงานของระบบ และทำการวิเคราะห์รอบการทำงานหลังจากปรับปรุงแล้ว พบว่าเป็นที่น่าพอใจทั้งในแง่ของคุณภาพของชิ้นงานและกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น จากผลของรอบเวลาการทำงานที่สั้นลง

ในขั้นตอนต่อไป จากกรณีศึกษาในไลน์โครงช่วงล่างของรถกระบะ 1 ตัน บังเกิดประสิทธิผลเป็นที่น่าพอใจ จึงมีแนวคิดที่จะขยายผลเพื่อปรับปรุงการควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ PLC ในไลน์ Cross Member Assembly, Reforming Machine Line และ EDP Line ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.). **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2556**

[2] Mitsubishi Co.,Ltd., ***Programmable Logic Controller Training Manual***, MELSECNET/H course (Q-Series), September 2013

[3] Maria G. Ioannides, **"Design and Implementation of PLC Based Monitoring Control System for Induction Motor,"** IEEE TRANS. ON ENERGY CONVERSION, VOL.19, NO.3, SEPTEMBER 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายบัญชา ทรงศักดิ์ศรี

วัน เดือน ปีเกิด 17 สิงหาคม 2516 ที่จังหวัดชลบุรี

ที่อยู่ 30/1 ถนนเชียนซือ ตำบลพนัสนิคม อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี 20140

ประวัติการศึกษา

2543 อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประสบการณ์การทำงาน

2537-2540	ช่างไฟฟ้า	บริษัท พาวเวอร์ ซิสเต็มส์ (ประเทศไทย) จำกัด
2540-2543	หัวหน้าช่างไฟฟ้า	บริษัท กาจพล จำกัด
2543-2545	วิศวกรไฟฟ้า	บริษัท เอ็นอาร์ที จำกัด
2545-ปัจจุบัน	วิศวกรไฟฟ้า	กลุ่มบริษัท วายเอ็มพี (ประเทศไทย) จำกัด

ใบประกอบวิชาชีพ สามัญวิศวกร สาขาไฟฟ้า งานไฟฟ้ากำลัง

ผลงานทางวิชาการ กรณีศึกษาของการปรับปรุงระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้พีแอลซี การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 38 ประจำปี พ.ศ. 2558 (The 38th Electrical Engineering Conference EECON-38) โดยมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพ ระหว่างวันที่ 18-20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ณ. โรงแรมวรบุรี อโยธยา คอนเวนชั่น รีสอร์ท จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เอกสารรวบรวมบทความวิจัยทางวิศวกรรมไฟฟ้า กลุ่มงานวิจัยทางด้านไฟฟ้ากำลัง ฉบับที่ 1 หน้า 209-212 ปีที่พิมพ์ 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้