รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เลิกผลิตแล้วในเครื่องจักร EV2 สำหรับการผลิตยางรถบรรทุก

Migration of Obsolete Parts in EV2 Machine for Truck Tire Production

นายณัฐชนน โตจิรกุล

หลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ

ภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา	การเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เลิกผลิตแล้วในเครื่องจักร EV2 สำหรับการผลิตยางรถบรรทุก
ชื่อ – สกุลนักศึกษา	นายณัฐชนน โตจิรกุล **รหัสนักศึกษา** 59010414
หลักสูตร	วิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ชื่อ – สกุล อาจารย์นิเทศ	รศ.ดร.ธีรวัฒน์ เทพมณี
	ผศ.ดร.กฤษณ์ เสมอพิทักษ์
ชื่อ – สกุล ผู้นิเทศงาน	นายธีรเดช เศวตไพบูลย์กิจ
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท สยามมิชลิน จำกัด (หนองแค)

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษานี้นำเสนอเทคนิคการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เลิกผลิตแล้วในเครื่องจักร EV2 ที่ใช้สำหรับการผลิตยางรถบรรทุก โดยติดตั้งอุปกรณ์รุ่นใหม่ได้แก่ เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S30A-6011 BA เซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP และมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 แทนที่อุปกรณ์เดิมคือ เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 เซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X และมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 ตามลำดับ ผลการทดสอบการทำงานจากการติดตั้งอุปกรณ์รุ่นใหม่ในเครื่องจักร EV2 ยืนยันได้ว่าอุปกรณ์รุ่นใหม่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องโดยไม่เกิดข้อผิดพลาด หากไม่ทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เลิกผลิตแล้วเป็นอุปกรณ์รุ่นใหม่ จะทำให้การทำงานของเครื่องจักร EV2 หยุดชะงัก ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการผลิต

คำสำคัญ : เครื่องจักร EV2, มอเตอร์ไดรฟ์, อุปกรณ์ที่เลิกผลิตแล้ว, เซฟตี้โมดูล, เซฟตี้สแกนเนอร์, การผลิตยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Co-operative Project Title	Migration of Obsolete Parts in EV2 Machine for Truck Tire Production
Student	Mr. Natchanon Tochirakul **Student ID** 59010414
Major	Automation Engineering
Faculty	Engineering
Advisors	Assoc.Prof.Dr. Teerawat Thepmanee
	Asst.Prof.Dr. Krit Smerpitak
Mentor	Mr. Theeradet Sawetphaiboonkit
Company	Michelin Siam Co., LTD. (NKE)

ABSTRACT

This project presents a technique to migrate three obsolete parts in the EV2 machine, which is used for truck tire production. The new safety scanner modeled S30A-6011 BA, safety module modeled MSR127TP and motor drive modeled Unidrive M300 are employed to replace the existing safety scanner modeled PLS 101-312, safety module modeled LCU-X and motor drive modeled Unidrive Classic 1401, respective. Experimentally test results confirm that the new parts installed in the EV2 machine can perform correctly without operational problems. If the obsolete parts do not be migrated, the EV2 machine breakdown will occur. Therefore, delays in production will affect the productivity of the manufacturing system.

Keywords : EV2 Machine, Motor Drive, Obsolete parts, Safety Module, Safety Scanner, Tire Production

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากบริษัท สยามมิชลิน จำกัด ที่ให้โอกาสผู้จัดทำในการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา อีกทั้งผู้นิเทศงานคุณธีรเดช เศวตไพบูลย์กิจ ผู้ดูแล คุณศิราวุฒิ อุ่มน้อย และพนักงานบริษัททุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาสี่เดือน

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. ธีรวัฒน์ เทพมณี และผศ.ดร.กฤษณ์ เสมอพิทักษ์ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาผู้จัดทำตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม (หลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นประโยชน์ในการฝึกสหกิจในครั้งนี้หรือการทำงานในอนาคต

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา ที่เป็นกำลังใจ คอยดูแลห่วงใย และให้การสนับสนุนทุก ๆ เรื่องมาโดยตลอด รวมทั้งเพื่อน ๆ และญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจและผู้ที่อยู่ในสายงานด้านวิศวกรรมอัตโนมัติเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งาน และพัฒนาในงานอุตสาหกรรมต่อไป

ณัฐชนน โตจิรกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูป VIII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 วิธีการดำเนินโครงงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 กล่าวนำ 4
2.2 การผลิตยาง 4
2.2.1 กระบวนการผลิตยาง 4
2.2.2 ส่วนประกอบของยาง 5
2.3 เครื่องจักร EV2 ที่ใช้ในการผลิตยางรถบรรทุก 7
2.4 เซฟตี้สแกนเนอร์ 8
2.4.1 ข้อดีของเซฟตี้สแกนเนอร์ 8
2.4.2 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 8
2.4.3 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000 11
2.5 เซฟตี้โมดูล 14
2.5.1 เซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X 15
2.5.2 เซฟตี้โมดูลรุ่น MSR 127 TP 16
2.6 มอเตอร์ไดรฟ์ 18
2.6.1 หลักการทำงานและการควบคุมของมอเตอร์ไดรฟ์ 18
2.6.2 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.3 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 22
2.6.4 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 702 25
2.7 มอเตอร์ 25
2.7.1 ชนิดของมอเตอร์ 26
2.7.2 มอเตอร์รุ่น SF37 DT63L2 26
2.8 พีแอลซี 27
2.8.1 โครงสร้างของพีแอลซี 28
2.8.2 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 29
2.8.3 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-NIO4V 30
2.8.4 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1756-EN2T 30
2.9 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง 31
2.9.1 โปรแกรม PLS-LSI User Software 31
2.9.2 โปรแกรม SICK CDS 32
2.9.3 โปรแกรม CTSoft 32
2.9.4 โปรแกรม M Connect 32
2.9.5 โปรแกรม RSLogix 5000 33
2.9.6 โปรแกรม RSLinx Classic 33
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน 34
3.1 กล่าวนำ 34
3.2 ส่วนของอุปกรณ์ที่ศึกษา 34
3.3 การเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูล 36
3.3.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเซฟตี้สแกนเนอร์ 37
3.3.2 การติดตั้งเซฟตี้สแกนเนอร์ 44
3.3.3 การติดตั้งเซฟตี้โมดูล 45
3.4 การเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์ 47
3.4.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ 48
3.4.2 ส่วนซอฟต์แวร์ 50
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 กล่าวนำ 57

4.2 ผลการดำเนินงานการเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูล 57

4.2.1 การติดตั้งเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S30 6011-BA และเซฟตี้โมดูลรุ่นMSR127TP 57

4.2.2 ผลการทดสอบการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์ และเซฟตี้โมดูล 58

4.3 ผลการดำเนินงานการเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์ 64

4.3.1 การติดตั้งมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 64

4.3.2 ผลการทดสอบการทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์ 65

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 68

5.1 กล่าวนำ 68

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน 68

5.3 ข้อเสนอแนะ 69

เอกสารอ้างอิง 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แผนการดำเนินโครงงาน 2
2.1 ข้อมูลทางเทคนิคเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 8
2.2 พินของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 9
2.3 ข้อมูลทางเทคนิคเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S30-6011 BA 11
2.4 พินของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000 12
2.5 ข้อมูลทางเทคนิคเซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X 15
2.6 ข้อมูลทางเทคนิคเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR 127TP 16
2.7 ข้อมูลทางเทคนิคมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 20
2.8 ข้อมูลเทอร์มินอลมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 20
2.9 ข้อมูลทางเทคนิคมอเตอร์ไดรฟ์ Unidrive M 300 22
2.10 ข้อมูลเทอร์มินอลมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 22
2.11 ข้อมูลทางเทคนิคมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 702 25
2.12 ข้อมูลทางเทคนิคของมอเตอร์รุ่น SF37 DT63L2 26
2.13 ข้อมูลทางเทคนิคของการ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 29
2.14 ข้อมูลทางเทคนิคของการ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 30
2.15 ข้อมูลทางเทคนิคของการ์ดพีแอลซีรุ่น 1756-EN2T 30
4.1 การทดสอบการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูล 64
4.2 การทดสอบทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์ 67
5.1 ความเสียหายจากการหยุดเครื่องจักรเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์รุ่นเก่าเป็นรุ่นใหม่ 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ส่วนประกอบของยาง 5
2.2 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 9
2.3 สาย RS-232 สำหรับเชื่อมต่อเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 10
2.4 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000 12
2.5 เทอร์มินอลสำหรับต่อเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000 14
2.6 เซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X 15
2.7 ไวริ่งไดอะแกรมเซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X 16
2.8 เซฟตี้โมดูลรุ่น MSR 127TP 17
2.9 ไวริ่งไดอะแกรมเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR 127TP 17
2.10 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 20
2.11 ไวริ่งไดอะแกรมมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 21
2.12 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 22
2.13 ไวริ่งไดอะแกรมมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 24
2.14 การ์ด i/o สำหรับมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 24
2.15 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่นยู Unidrive M 702 25
2.16 มอเตอร์รุ่น SF37 DT63L2 27
2.17 พีแอลซี 28
2.18 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 29
2.19 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 30
2.20 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1756-EN2T 31
2.21 โปรแกรม PLS-LSI User Software 31
2.22 โปรแกรม SICK CDS 32
2.23 โปรแกรม CTSoft 32
2.24 โปรแกรม M Connect 33
2.25 โปรแกรม RSLogix 5000 33
2.26 โปรแกรม RSLinx Classic 33
3.1 ภาพรวมของอุปกรณ์ที่ศึกษา 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.2 แผนภาพกระบวนการควบคุมของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูล 35
3.3 แผนภาพกระบวนการควบคุมของมอเตอร์ไดรฟ์ 35
3.4 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS101-312 ด้านซ้ายบนเครื่องจักร BMTC 36
3.5 เซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X ในตู้ไฟฟ้าของเครื่องจักร BMTC 36
3.6 สายแบบ RS-232/USB 37
3.7 หน้าต่าง Communication Assistant 38
3.8 หน้าต่างอัพโหลดพารามิเตอร์ 38
3.9 การเปิด Page Layout 39
3.10 Page Layout ของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่า 39
3.11 สายรุ่น DSL-8U04G02M025KM1 40
3.12 หน้าต่างตั้งค่าพารามิเตอร์ของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่นใหม่ 40
3.13 การตั้งค่า System Parameters 41
3.14 การตั้งค่า Resolution/scanning range 41
3.15 การตั้งค่า OSSDs 41
3.16 การตั้งค่า Reset 42
3.17 การตั้งค่า Field Set 42
3.18 การวาด Field Set 42
3.19 การดาว์นโหลดพารามิเตอร์ลงเซฟตี้สแกนเนอร์ 43
3.20 หน้าต่างยืนยันการดาวน์โหลด 43
3.21 เทอร์มินอลของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่า 44
3.22 เทอร์มินอลของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่ 45
3.23 ไวริ่งไดอะแกรมของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลรุ่นเก่า 45
3.24 ไวริ่งไดอะแกรมของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลรุ่นใหม่ 46
3.25 เซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440 47
3.26 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 ในตู้ไฟฟ้าของโพส CX1 47
3.27 ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดเพื่อเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นใหม่ 48
3.28 ไวริ่งไดอะแกรมมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่า 48
3.29 รีเลย์ของมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่า 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.30 ไวริ่งไดอะแกรมมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นใหม่ 50
3.31 การตั้งค่าแอนะล็อกอินพุตเป็นแรงดันโวลต์ในโปรแกรม CT Soft 51
3.32 การตั้งค่าแอนะล็อกเอาต์พุตเป็นความถี่ของมอเตอร์ในโปรแกรม CT Soft 51
3.33 การใส่รายละเอียดของมอเตอร์ 52
3.34 Input Mapping Parameter/Output Mapping Parameter 52
3.35 การสร้างอีเทอร์เน็ตโมดูล 53
3.36 บล็อค Add On 53
3.37 บล็อครับค่าความเร็วของมอเตอร์ไดรฟ์ 54
3.38 อินพุตสเกล 54
3.39 เอาต์พุตสเกล 55
3.40 Drive Enable รีเลย์ในโปรแกรมพีแอลซี 55
3.41 Drive Fault Reset รีเลย์ในโปรแกรมพีแอลซี 55
3.42 คำสั่งอัตราการเร่งและอัตราหน่วงของมอเตอร์ไดรฟ์ 56
3.43 พารามิเตอร์มอเตอร์ไดรฟ์ตัวเก่า 56
4.1 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S30 6011-BA ที่ด้านซ้ายของเครื่องจักร BMTC 57
4.2 เซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP ในตู้ไฟฟ้าเครื่องจักร BMTC 58
4.3 การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลเมื่อเครื่องจักรทำงานปกติ 59
4.4 การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลเมื่อมีสิ่งกีดขวางในพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์ 61
4.5 การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลเมื่อสิ่งกีดขวางออกจากพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์ 62
4.6 ปุ่มรีเซ็ตและการแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้โมดูลเมื่อกดปุ่มรีเซ็ต 63
4.7 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 ในตู้ไฟฟ้าโพส CX1 64
4.8 ผลการทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์ในโพสCX1ของเครื่องจักร EV2 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โรงงานบริษัทสยามมิชลิน จำกัด (หนองแค) เป็นโรงงานที่ผลิตยางรถบรรทุกและยางเครื่องบิน โดยเน้นการส่งออกไปขายต่างประเทศเป็นหลัก สำหรับการผลิตยางมีหลายขั้นตอนในการผลิต โดยเครื่องจักรกรณีศึกษาคือ เครื่องจักร EV2 เป็นเครื่องจักรในขั้นตอนการขึ้นรูปยางรถบรรทุก ซึ่งในปัจจุบันโรงงานมีการผลิตยางตลอด 24 ชั่วโมง เครื่องจักรจึงต้องมีความพร้อมใช้งาน อะไหล่ของอุปกรณ์ในเครื่องจักรจึงมีความสำคัญ ต้องมีอะไหล่พร้อมเปลี่ยนเมื่ออุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหาย ซึ่งเทคโนโลยีในด้านอุตสาหกรรม ได้ถูกพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ผู้ผลิตอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมจึงมีการพัฒนาอุปกรณ์รุ่นใหม่ๆออกมา และหยุดการผลิตอุปกรณ์รุ่นเก่าไป ทำให้ถ้าอุปกรณ์รุ่นเก่าชำรุดเสียหายจะไม่สามารถหาอะไหล่มาทดแทนได้ ทำให้ต้องหยุดกระบวนการผลิตเพื่อเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์รุ่นใหม่ซึ่งจะใช้เวลานานเพราะมีการตั้งค่าที่ต่างกัน ไม่สามารถดาวน์โหลดค่าพารามิเตอร์ลงไปได้ทันที ส่งผลให้โรงงานมีรายได้ที่ลดลง ดังนั้นโครงงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์เล่มนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำเสนอการเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์ เซฟตี้โมดูล และมอเตอร์ไดร์ฟในเครื่องจักร EV2 ที่ผู้ผลิตได้หยุดกระบวนการผลิตไปแล้ว ไปเป็นรุ่นที่ทันสมัยขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เทคนิคการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เลิกผลิตแล้วในเครื่องจักร EV2 ได้แก่ เซฟตี้สแกนเนอร์ เซฟตี้โมดูล และมอเตอร์ไดรฟ์ เพื่อความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ปรับเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์ของบริษัท SICK AG รุ่น PLS 101-312 ไปเป็นรุ่น S30A-6011BA และเปลี่ยนเซฟตี้โมดูลของบริษัท SICK AG รุ่น LCU-X เป็นรุ่น MSR127TP ของบริษัท Allen Bradley โดยอุปกรณ์สามารถทำงานตามฟังก์ชันเดิมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปรับเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์ของบริษัท Nidec รุ่น Unidrive Classic 1401 ที่มีการสื่อสารแบบแอนะล็อก ไปเป็นรุ่น Unidrive M 300 ที่ใช้เทคโนโลยีอีเทอร์เน็ตในการสื่อสารและเพิ่มส่วนโปรแกรมพีแอลซีที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไดรฟ์ โดยอุปกรณ์สามารถทำงานตามฟังก์ชันเดิมได้

1.4 วิธีการดำเนินโครงงาน

1. ศึกษาการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่นเก่า (รุ่น PLS 101-312) และรุ่นใหม่ที่นำมาใช้งานแทน (รุ่น S30-6011 BA)
2. ศึกษาการทำงานของเซฟตี้โมดูลรุ่นเก่า (รุ่น LCU-X) และรุ่นใหม่ (รุ่น MSR127TP)
3. เปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์ เซฟตี้โมดูล และทดสอบการทำงาน
4. ศึกษาการทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่า (รุ่น Unidrive Classic 1401) และทำการเลือกรุ่นใหม่ที่นำมาใช้งานแทน
5. เปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์และทดสอบการทำงาน
6. จัดทำรายงาน

จากวิธีการดำเนินโครงงานข้างต้น สามารถสรุปเป็นแผนการดำเนินโครงงานดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	หัวข้องาน	ส.ค.2562				ก.ย.2562				ต.ค.2562				พ.ย.2562			
1	ศึกษาการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่นเก่า และรุ่นใหม่																
2	ศึกษาการทำงานของเซฟตี้โมดูลรุ่นเก่าและรุ่นใหม่																
3	เปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์ เซฟตี้โมดูล และทดสอบการทำงาน																
4	ศึกษาการทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่า และทำการเลือกรุ่นใหม่																
5	เปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์และทดสอบการทำงาน																
6	จัดทำรายงาน																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องจักร EV2 มีความพร้อมใช้งาน และมีอะไหล่พร้อมเปลี่ยนเมื่ออุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหาย
2. ลดจำนวนสายที่ใช้สำหรับการต่อมอเตอร์ไดรฟ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง การผลิตยาง เครื่องจักร EV2 อุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงงานไม่ว่าจะเป็น เซฟตี้สแกนเนอร์ เซฟตี้โมดูล มอเตอร์ไดรฟ์ มอเตอร์รวมทั้งหลักการทำงานของพีแอลซี (Programable Logic Controller) และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทำโครงงาน

2.2 การผลิตยาง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตยางและส่วนประกอบของยาง

2.2.1 กระบวนการผลิตยาง [1]

กระบวนการผลิตยางมีทั้งหมด 5 กระบวนการดังนี้

1) การผสมวัตถุดิบ (Mixing)

การผสมวัตถุดิบคือ การนำวัตถุดิบต่างๆ ได้แก่ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ สารเคมี ผงเขม่าดำ หรือซิลิกา และน้ำมัน มาผสมกันตามสูตร

2) การเตรียมชิ้นส่วน (Preparation)

การเตรียมชิ้นส่วนแบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ

- การตัดชิ้นส่วนและขอบลวด (Cutter) ในส่วนนี้จะนำยางที่ถูกผสมแล้วมาฉาบกับผ้าใบและประกอบกันเข้ากับขอบลวดเพื่อผลิตยางในโครงยางชั้นใยเหล็กและขอบยาง
- การอัดขึ้นรูปยาง (Extrusion) ในส่วนนี้จะนำยางที่ถูกผสมแล้วมาทำการอัดผ่านแม่พิมพ์ให้ได้หน้าตัดของยางที่ต่างกัน เพื่อผลิตแก้มยาง หน้ายางและยางที่นำไปทำขอบยาง
- การรีดยาง (Calender) ในส่วนนี้จะนำยางที่ถูกผสมแล้วมาทำการรีดผ่านเครื่องรีดยางให้ได้หน้าตัดของยางที่ต่างกันเพื่อผลิตชั้นในของล้อยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การประกอบยาง (Tire Building Machine)

การประกอบยางคือการนำชิ้นส่วนยางที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมชิ้นส่วนมาทำการประกอบกัน

4) การอบยาง (Curing)

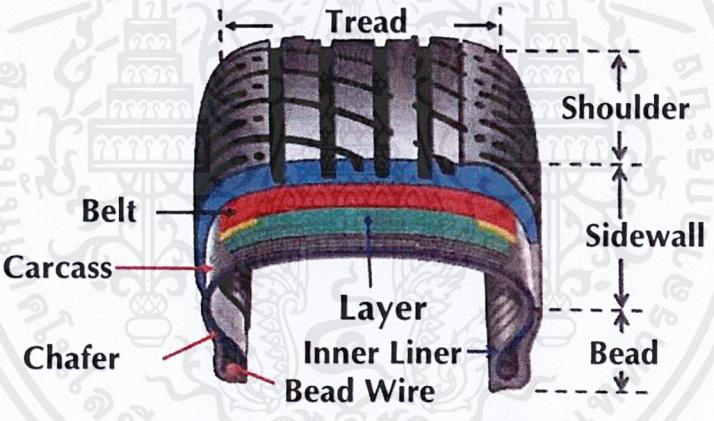
การอบยางคือขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตยาง โดยยางที่ผ่านขั้นตอนการประกอบยางแล้วจะถูกนำไปอบในเครื่องอบยาง เพื่อให้ยางสุกตัวและเกิดลวดลายบนยางตามแม่พิมพ์

5) การตรวจสอบ (Inspection)

การตรวจสอบคือการนำยางที่ผ่านการอบมาตรวจสอบ และตัดตกแต่งให้เป็นยางที่เสร็จสมบูรณ์

2.2.2 ส่วนประกอบของยาง [2]

ยางไม่ว่าจะยางรถยนต์หรือยางบรรทุกมีส่วนประกอบดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของยาง[3]

1) หน้ายาง (Tread)

หน้ายางเป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของยาง และเป็นส่วนที่สัมผัสผิวถนน ทำหน้าที่ป้องกันของมีคม ที่จะทำอันตรายต่อโครงยาง หน้ายางก็ประกอบไปด้วยดอกยางและร่องยาง เพื่อทำหน้าที่ในการยึดเกาะถนนมีแรงกรุยเวลาวิ่ง ช่วยในการเบรก เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันนี้ดอกยางมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดก็จะให้ประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ไหล่ยาง (Shoulder)

ไหล่ยางประกอบด้วยเนื้อยางที่หนา หน้าที่ของเนื้อยางก็คือ ป้องกันอันตรายที่จะมีต่อโครงยาง ปกติไหล่ยางจะถูกออกแบบเป็นร่องให้เหมาะสมเพื่อช่วยระบายความร้อนภายในยางออกมาได้ง่าย

3) แก้มยาง (Sidewall)

แก้มยางเป็นส่วนที่คลุมเส้นใย เพื่อป้องกันการเสียหายด้านข้างของโครงยาง จากการเสียดสีกับฟุตบาท และยังเป็นบริเวณที่แสดงยี่ห้อ ขนาดยาง และจำนวนชั้นผ้าใบ แก้มยางของยางบางชนิดแข็ง บางชนิดอ่อน ข้อดีของแก้มยางอ่อน คือ ช่วยกันการกระเทือน เนื่องจากแก้มยางยืดหยุ่นได้

4) โครงยาง (Carcass)

โครงยางประกอบด้วยชั้นของผ้าใบ ซึ่งมีเส้นใยขนานกัน มีการวางให้เส้นใยของผ้าใบทั้งแบบขวางและแบบตามแนวรัศมี ผ้าใบนี้ต้องทำให้มีความชื้นน้อยที่สุด ซึ่งจะมีขีดกำหนดบอกเอาไว้ เพื่อให้ยางสามารถติดกับผ้าใบได้ แล้วจึงอาบยางเหนียวลงบนผ้าใบทั้งสองหน้า เนื่องจากยางต้องทนต่อแรงกระทำภายในมาก ดังนั้นโครงยางจึงต้องทำให้แข็งแรง เพื่อให้ยางสามารถบิดเบี้ยวจากรูปเดิมได้น้อยที่สุด เมื่อใช้ไปนาน ๆ

5) เข็มขัดรัดหน้ายาง (Belt)

เข็มขัดรัดหน้ายางเป็นชั้นที่อยู่ระหว่างหน้ายาง (Tread) กับโครงยาง (Carcass) ในกรณีของยางธรรมดา (Bias Tire) จะเรียกว่า “ผ้าใบเสริมใยหน้ายาง (Breaker)” และในกรณีของยางเรเดียล (Radial Tire) จะเรียกว่า “เข็มขัดรัดหน้ายาง (Belt)” ประกอบด้วยลวดใยเหล็กเส้นละเอียดถักทอเป็นผืนหุ้มด้วยเนื้อยาง มีความกว้างครอบคลุมหน้ายาง รัดโครงยางไว้โดยรอบโดยแต่ละชั้นจะวางสลับไขว้มุมกัน ซึ่งช่วยให้หน้ายางมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น รับแรงกระแทกได้ดี และป้องกันการยืดขยายตัวของโครงยางอันเนื่องมาจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขณะวิ่งด้วยความเร็วสูง ยางธรรมดา (Bias) บางรุ่นที่สภาพการใช้งานไม่รุนแรง อาจจะออกแบบโดยไม่มีชั้นของผ้าใบเสริมหน้ายาง (Breaker)

6) ขอบยาง (Bead+Bead Wire)

ขอบยางประกอบด้วยกลุ่มของเส้นลวดเหล็กกล้า (High Carbon Steel) ที่ช่วยยึดส่วนปลายทั้ง 2 ข้างของโครงยางไว้ เพื่อให้บริเวณขอบยาง (Bead) มีความแข็งแรง สามารถยึดแน่นสนิทกับกระทะล้อได้ดีเมื่อนำไปใช้งาน สำหรับยางรถยนต์ที่ไม่ใช้ยางใน (Tubeless Tire) ขอบยางเป็นส่วนที่สำคัญที่จะต้องทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ลมยางรั่วซึมออกมา ยางรถยนต์ซึ่งด้านหนึ่งประกอบด้วยขดลวด (Bead wire) ขอบยางเป็นส่วนที่สำคัญที่จะต้องทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ลมยางรั่วซึมออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ผ้าใบเสริมหน้ายาง (Layer)

ผ้าใบเสริมหน้ายาง เป็นส่วนของยางที่ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงให้กับโครงยาง เป็นตัวชี้วัดสำคัญของความแข็งแกร่งของยาง เพราะทำขึ้นจากเส้นใยเหล็กละเอียด คงทน ที่ติดเข้าไปในเนื้อยาง ซึ่งหมายถึงยางสามารถทนต่อแรงกดจากการเลี้ยว และไม่ขยายตัวเนื่องจากการสลับยาง แถมยังมีความยืดหยุ่นมากพอที่จะรับการบิดรูปที่เกิดจากเนิน หลุมและสิ่งกีดขว้างอื่นๆบนถนน

8) ผ้าใบเสริมขอบยาง (Chafer)

ผ้าใบเสริมขอบยางเป็นส่วนของเส้นด้ายไนลอนที่ถักเป็นผืนผ้าลายสีเหลี่ยมที่นำไปติดรอบโครงสร้างยาง โดยเฉพาะในช่วงของลวดบีท เพื่อป้องกันการเฉือนแยกออกจากขอบยาง อีกทั้งยังป้องกันโครงสร้างยางที่อาจเกิดความเสียหายขณะที่นำยางประกอบหรือถอดออก

9) ยางใน (Inner Liner)

ยางในเป็นชั้นยางที่ทำหน้าที่เก็บกักลมข้างในยางเอาไว้ ดังนั้นวัสดุที่นำมาใช้จึงต้องสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี วัสดุที่นำมาทำได้แก่ ยางธรรมชาติ หรือยางธรรมชาติผสมกับยางฮาโลจีเนทบิวทิล (Halogenated Butyl Rubber) หรือยางบิวทิล (Butly Rubber) ผสมกับอีพีดีเอ็มซึ่งยางสังเคราะห์ประเภทยางบิวทิลสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีกว่ายางธรรมชาติ ผลดีของการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีคือ ทำให้ผู้ใช้รถไม่ต้องเติมลมหรือเช็คความดันอากาศภายในยางบ่อยๆนั่นเอง

2.3 เครื่องจักร EV2 ที่ใช้ในการผลิตยางรถบรรทุก

เครื่องจักร EV2 เป็นเครื่องสร้างยางของบริษัท สยามมิชลิน จำกัด ทำงานในขั้นตอนการประกอบยาง (Tire Building Machine) ของกระบวนการผลิตยางรถบรรทุก โดยจะนำส่วนประกอบต่างๆของยางมาวางซ้อนกันเพื่อสร้างเป็นยาง 1 เส้น ต่อไปจะอธิบายเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องจักร EV2

การทำงานของเครื่องจักร EV2

เครื่องจักร EV2 ทำหน้าที่ขึ้นรูปยางโดยจะทำหน้าที่ขั้นประกอบยางลำดับที่หนึ่ง จะนำส่วนประกอบต่างๆของยางมาวางปูซ้อนกันบนเหล็กทรงกระบอก เรียกว่าดรัม (Drum) ซึ่งดรัมจะตั้งอยู่บนเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BMTC คนงานจะทำงานโดยการยืนอยู่บนเครื่องจักร BMTC และควบคุมให้ BMTC เคลื่อนไปทีละโพส ซึ่งแต่ละโพสจะมีหน้าที่ปูส่วนประกอบยางที่ต่างกันลงบนดรัม

2.4 เซฟตี้สแกนเนอร์ [4]

เซฟตี้สแกนเนอร์คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับ เมื่อมีสิ่งของอยู่ในบริเวณที่กำหนดจะสั่งให้เครื่องจักรหยุดทำงาน ทำงานโดยกระจายแสงเลเซอร์ไปรอบๆ ซึ่งระยะรัศมีและมุมองศาการกระจายขึ้นอยู่กับแต่ละรุ่นของสแกนเนอร์ มีการยิงแสงที่มีความละเอียดสูงทีละเส้นจนครบมุมองศาการกระจาย โดยใช้เวลาในการยิงแสงแต่ละเส้นน้อยมาก เมื่อแสงเลเซอร์พบวัตถุจะสะท้อนกลับมายังเซฟตี้สแกนเนอร์ เซฟตี้สแกนเนอร์จะคำนวณระยะเวลาในการส่งและรับแสงเลเซอร์ออกมาเป็นระยะทางจากวัตถุ จุดเด่นของเซฟตี้สแกนเนอร์คือใช้สแกนเนอร์เพียงตัวเดียว แต่สามารถกำหนดพื้นที่การตรวจจับได้อย่างอิสระผ่านโปรแกรม สามารถแบ่งระดับความสำคัญของพื้นที่ได้ คือ พื้นที่เตือนและพื้นที่ตรวจจับ

2.4.1 ข้อดีของเซฟตี้สแกนเนอร์ [4]

- ปกติการตรวจจับว่ามีคนเข้ามาในบริเวณนี้หรือไม่จะใช้ม่านเซฟตี้ในการตรวจจับ แต่ม่านเซฟตี้มีข้อเสียคือต้องมีพื้นที่ในการติดตั้งเสาทั้ง 4 มุม ทำให้จำกัดพื้นที่ให้อยู่ได้แค่ในรูปสี่เหลี่ยมเท่านั้น ซึ่งอาจทำให้ทำงานไม่สะดวก จึงมีการนำเซฟตี้สแกนเนอร์เข้ามาใช้
- เมื่อต้องการเปลี่ยนรูปแบบของพื้นที่การตรวจจับ สามารถแก้ไขผ่านโปรแกรมได้เลย
- ลักษณะการสะท้อนที่แตกต่างจากผิวของวัตถุจะไม่ส่งผลกระทบต่อสแกนเนอร์
- มีความแม่นยำในการกำหนดระยะพื้นที่การตรวจจับ

2.4.2 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 [4]

PLS เป็นเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่นเก่าของบริษัท SICK AG ที่ปัจจุบันได้เลิกผลิตไปแล้ว ต่อไปจะกล่าวถึงข้อมูลทางเทคนิคเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลทางเทคนิคเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	รายละเอียด
ระยะการวัดเพื่อให้เครื่องจักรหยุดทำงาน	4 m.
มุมองศาการสแกน	180
ระยะการวัดเพื่อเตือน	15 m.
ระยะการวัด	50 m.
เวลาการตอบสนอง	8 ms.
จำนวนพื้นที่การตรวจ (Number of Fields)	1 Field

จำนวนพื้นที่การตรวจหมายถึงการกำหนดพื้นที่ในโปรแกรม ที่ต้องการให้เซฟตี้สแกนเนอร์แจ้งเตือน เมื่อมีวัตถุอยู่ในพื้นที่นั้น โดยพื้นที่นั้นต้องอยู่ในระยะการวัดของเซฟตี้สแกนเนอร์

รูปที่ 2.2 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 [5]

การเชื่อมต่อเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312

เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 ใช้การเชื่อมต่อแบบ RS-232 มีพินทั้งหมด 9 พินที่ต้องเชื่อมต่อเพื่อให้สแกนเนอร์สามารถทำงานได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 พินของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 [4]

Pin	Signal	Function	Color
1	GND	Supply voltage PLS	Brown

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	Restart	Restart when warning field back to normal	Blue
3	Vcc	Supply voltage PLS	Red
4	NC	-	-
5	Weak Signal	Contamination signal or warning field infringed	Grey
6	NC	-	-
7	NC	-	-
8	OSSD2	Protective output 2	Turquoise
9	OSSD1	Protective output 1	Orange

RS232 ย่อมาจาก: Recommended Standard no. 232 คือมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม (serial communication) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1960 โดย EIA (Electronic Industries Association) หรือ สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา ซึ่งในยุคแรก RS232 เป็นที่นิยมมากขนาดที่คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะต้องมี Serial port สำหรับการสื่อสารมาตรฐานนี้ แต่ในปัจจุบันได้มี USB ซึ่งเป็นมาตรฐานสื่อสารที่รับ/ส่งข้อมูลได้เร็วกว่าเข้ามาแทนที่ ทำให้มาตรฐานการสื่อสารอย่าง RS232 ก็ค่อยๆมีอุปกรณ์ที่รองรับน้อยลง

รูปที่ 2.3 สาย RS-232 สำหรับเชื่อมต่อเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000 [7]

S3000 เป็นเซฟตี้สแกนเนอร์ของบริษัท SICK AG โดยมีทั้งหมดหลายรุ่น ซึ่งแต่ละรุ่นจะมีความแตกต่างดังต่อไปนี้

การอ่านชื่อรุ่นเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000

การอ่านชื่อรุ่นเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000 สามารถอ่านได้โดย 30S-XXXX-YY ซึ่ง 30S หมายถึงเซฟตี้สแกนเนอร์ รุ่น S3000 ส่วน XXXX จะหมายถึงเลข 4011,6011 หรือ7011 โดย 4011 หมายถึงสแกนเนอร์มีระยะการป้องกันอยู่ที่ 4 เมตร 6011 หมายถึงสแกนเนอร์มีระยะการป้องกันอยู่ที่ 5.5 เมตร และ 7011 หมายถึงสแกนเนอร์มีระยะการป้องกันอยู่ที่ 7 เมตร ส่วนYY หมายถึง BA,CA,DA,GB หรือEA ซึ่ง BA หมายถึงสแกนเนอร์สามารถแบ่งพื้นที่การตรวจจับได้ 4 บริเวณ CA หมายถึงสแกนเนอร์สามารถแบ่งพื้นที่การตรวจจับได้ 12 บริเวณ DA หมายถึงสแกนเนอร์สามารถแบ่งพื้นที่การตรวจจับได้ 24 บริเวณ GB หมายถึงสแกนเนอร์สามารถแบ่งพื้นที่การตรวจจับได้ 64 บริเวณ และEA หมายถึงสแกนเนอร์สามารถแบ่งพื้นที่การตรวจจับได้ 24 บริเวณ โดยในโครงงานนี้ได้เลือกใช้รุ่น S30-6011 BA

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลทางเทคนิคเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S30-6011 BA [7]

หัวข้อ	รายละเอียด
ระยะการวัดเพื่อให้เครื่องจักรหยุดทำงาน	5.5 m.
มุมองศาการสแกน	190
ระยะการวัดเพื่อเตือน	49 m.
ระยะการวัด	49 m.
เวลาการตอบสนอง	6 ms.
จำนวนพื้นที่การตรวจ (Number of Fields)	4 Fields

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000 [7]

การเชื่อมต่อเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000

เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000 มีพินทั้งหมด 30 พินที่ต้องเชื่อมต่อเพื่อให้สแกนเนอร์สามารถทำงานได้ปกติซึ่งแต่ละรุ่นจะมีจำนวนพินไม่เท่ากันดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 พินของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000 [7]

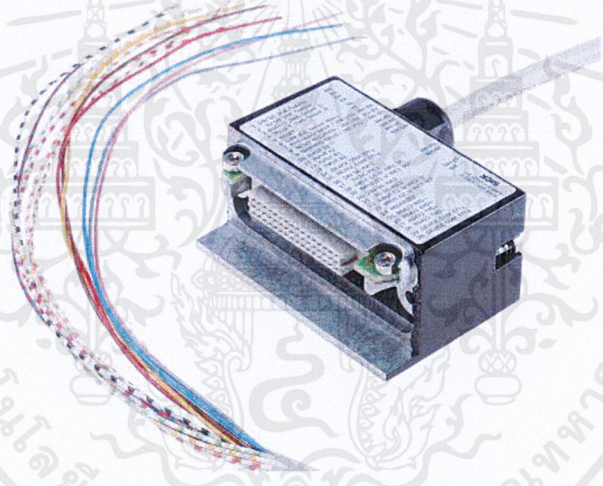
Pin	Signal	Function	BA	CA	DA	GB	EA
1	+24 V DC	Supply voltage S3000	■	■	■	■	■
2	0 V DC	Supply voltage S3000	■	■	■	■	■
3	OSSD1	Output signal switching device	■	■	■	■	■
4	OSSD12	Output signal switching device	■	■	■	■	■
5	RESET	Input, Reset	■	■	■	■	■
6	EDM	Input, external device monitoring	■	■	■	■	■
7	UNI<I/O1/ ERR	Universal I/O and application diagnostic output or connection for a jumper for addressing as guest	■	■	■	■	■
8	UNI<I/O2/ RES_REQ	Universal I/O or output for Reset required	■	■	■	■	■

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	UNI<I/O3/ WF	Universal I/O or output for Object in warning field	■	■	■	■	■
10	A1	Static control input A or connection for a jumper for addressing as guess	■	■	■	■	■
11	A2	Static control input A		■	■	■	
12	B1	Static control input B		■	■	■	
13	B2	Static control input B		■	■	■	
14	EFI_A	Enhanced function interface = safe SICK device communication	■	■	■	■	■
15	EFI_B		■	■	■	■	■
16	+24 V DC	Supply voltage incremental encoder 1			■	■	
17	GND	Supply voltage incremental encoder 1			■	■	
18	C1 or INC1_0	Static control input C or dynamic control input (incremental encoder input) 1			■	■	
19	D1 or INC1_90	Static control input D or dynamic control input (incremental encoder input) 1			■	■	
20	+24 V DC	Supply voltage incremental encoder 2			■	■	
21	GND				■	■	
22	C2 or INC2_0	Static control input C or dynamic control input (incremental encoder input) 2			■	■	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23	D2 or INC2_90	Static control input D or dynamic control input (incremental encoder input) 2			■	■	
24	Reserved, do not use!						
25	RxD–	RS<422 interface for output of measured data	■	■	■	■	■
26	RxD+		■	■	■	■	■
27	TxD+		■	■	■	■	■
28	TxD–		■	■	■	■	■
29	Reserved, do not use!						
30	Reserved, do not use!						



รูปที่ 2.5 เทอร์มินอลสำหรับต่อเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S3000 [8]

2.5 เซฟตี้โมดูล [9]

เซฟตี้โมดูลคืออุปกรณ์ที่ใช้งานในด้านความปลอดภัย โดยจะมีรีเลย์อยู่ภายใน ในกรณีที่เกิดอันตราย รีเลย์จะทำงานเพื่อลดความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เซฟตี้โมดูลแต่ละตัวจะตรวจสอบการทำงานเฉพาะด้วยการเชื่อมต่อเข้าอุปกรณ์ที่ต้องการตรวจสอบ ทำให้สามารถตรวจสอบเครื่องจักรทั้งหมดได้ การต่อเซฟตี้โมดูลเป็นวิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานความปลอดภัยส่งผลให้การทำงานมีความ

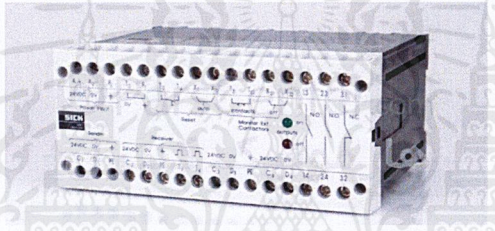
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลอดภัยสำหรับบุคลากรและอุปกรณ์อีกทั้งส่งผลให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ฟังก์ชันการทำงานของเซฟตี้โมดูล เช่น

- ตรวจสอบตำแหน่งของที่กั้น
- หยุดการเคลื่อนไหวของเครื่องจักรเมื่อมีสิ่งของขวาง
- หยุดเครื่องจักรฉุกเฉิน

2.5.1 เซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X [10]

เซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X เป็นเซฟตี้โมดูลของบริษัท SICK AG อินพุตของ LCU-X นั้นถูกเตรียมไว้สำหรับช่องสัญญาณคู่การเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ AOPD และควบคุมวงจรเอาต์พุตที่มีคอนแทคเปิด 2 ตัว และคอนแทคปิด 1 ตัว ปัจจุบันบริษัท SICK AG ได้เลิกผลิตโมดูลรุ่นนี้ไปแล้ว

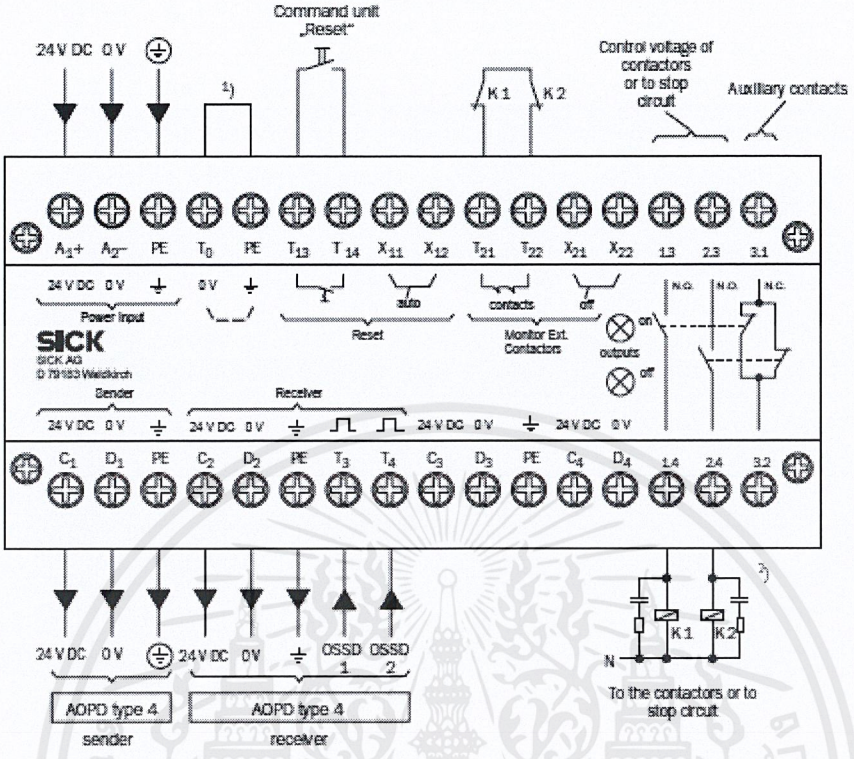


รูปที่ 2.6 เซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X [10]

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลทางเทคนิคเซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X [10]

หัวข้อ	รายละเอียด
พาวเวอร์ซัพพลาย	24 โวลต์
อินพุต	3 ช่อง
เอาต์พุต	2 NO และ 1 NC
จำนวนรีเลย์	1 ตัว
การรีเซ็ต	รีเซ็ตด้วยมือ/อัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ไวริ่งไดอะแกรมเซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X [10]

2.5.2 เซฟตี้โมดูลรุ่น MSR 127 TP [11]

เซฟตี้โมดูลรุ่น MSR 127TP เป็นเซฟตี้โมดูลของบริษัท Allen Bradley โดยข้อมูลทางเทคนิคของเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR 127TP แสดงดังตารางที่ 2.5

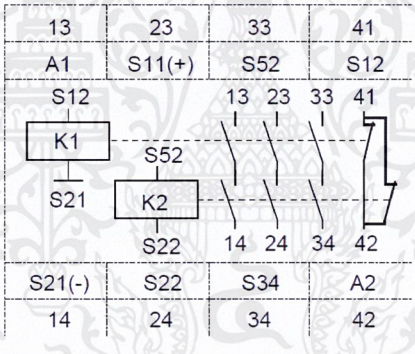
ตารางที่ 2.6 ข้อมูลทางเทคนิคเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR 127TP [11]

หัวข้อ	รายละเอียด
พาวเวอร์ซัพพลาย	24 โวลต์
การใช้พลังงาน	2 วัตต์
อินพุต	4 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาต์พุต	3 NO และ 1 NC
จำนวนรีเลย์	2 ตัว
การรีเซ็ต	อัตโนมัติ

รูปที่ 2.8 เซฟตี้โมดูลรุ่น MSR 127TP [12]



รูปที่ 2.9 ไวริ่งไดอะแกรมเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR 127TP [11]

เซฟตี้โมดูลรุ่นนี้มีคอนแทค 2 ตัว คือ K1 และ K2 เมื่อมีไฟไหลเข้าคอนแทคตัวใด จะทำให้คอนแทคเปิดทั้ง 3 ตัว กลายเป็นคอนแทคปิด และคอนแทคปิดจะกลายเป็นคอนแทคเปิด ทำให้ไฟไหลผ่านไปได้ แต่ถ้าต้องการให้ไฟไหลผ่านไปอย่างสมบูรณ์ต้องจ่ายไฟให้ K1 และ K2 ทั้งสองตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 มอเตอร์ไดรฟ์ [13] [14]

มอเตอร์ไดรฟ์หรืออินเวอร์เตอร์หรือ VFD (Variable Frequency Drives) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้า ความเร็วถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นความถี่ของมอเตอร์ โดยมีหลักการทำงานคือ

2.6.1 หลักการทำงานและการควบคุมของมอเตอร์ไดรฟ์

ส่วนประกอบของมอเตอร์ไดรฟ์ที่ทำให้สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้คือ

1. วงจรเร็กติไฟร์ หรือเรียกเป็นภาษาไทยว่า วงจรเรียงกระแส วงจรนี้จะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งมีคลื่นเล็กน้อย ยังไม่ใช่กระแสตรงที่สมบูรณ์ โดยจะใช้ไดโอดเป็นอุปกรณ์หลักของวงจร ซึ่งชนิดของไดโอดที่นิยมนำมาใช้คือ ชนิดซิลิกอน จำนวนของไดโอด จะขึ้นกับชนิดของแหล่งจ่ายเช่น ถ้าใช้ไฟฟ้าสามเฟส จะมีไดโอดทั้งหมด 6 ตัวในวงจร ถ้าไฟฟ้าเฟสเดียวก็จะใช้ทั้งหมด 4 ตัว เป็นต้น

2. ฟิลเตอร์ จะทำหน้าที่กรองไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรเร็กติไฟร์ ให้มันเรียบขึ้นโดยใช้หลักการของตัวเก็บประจุช่วยในการกรอง

3. วงจรอินเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่นำไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากวงจรเร็กติไฟร์ แล้วแปลงกลับไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า และ ความถี่ได้ภายใต้การควบคุมของ ไมโครโพรเซสเซอร์ หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์. ส่วนนี้จะประกอบด้วยการต่ออนุกรมและขนาน 6 ตัว ของทรานซิสเตอร์ และควบคุมการเปิด/ปิดโดยสัญญาณจากส่วนควบคุม โดยการใช้หลักการเปิด/ปิด สวิตช์ หลักที่เกิดขึ้นจากส่วนควบคุมนี้เองจะทำให้เราสามารถควบคุมรอบของมอเตอร์ได้

4. คอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนควบคุมหลักที่ทำจากไมโครโพรเซสเซอร์ หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อได้รับสัญญาณจาก sensor และ สัญญาณควบคุมจากฝั่งผู้ใช้แล้วจะมีการประมวลผล แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิด/ปิดสวิตช์หลักเพื่อที่จะควบคุมการจ่ายกำลังไปที่มอเตอร์ การเตือนต่างๆจะควบคุมโดยคอนโทรลเลอร์ การควบคุมอุณหภูมิของไดรฟ์ การสั่งการให้หยุดทำงานก็ควบคุมจากส่วนนี้

การควบคุมมอเตอร์ไดรฟ์สามารถแบ่งได้หลายประเภทคือ

1) การควบคุมมอเตอร์ไดรฟ์แบบเปิด (Open loop) คือการควบคุมที่มีราคาถูกที่สุดและมีฟีเจอร์น้อยที่สุด โดยความถี่ของมอเตอร์ไม่มีผลต่อการควบคุมขบวนการของระบบ กล่าวคือ ไม่มีการนำเอา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความถี่ของมอเตอร์กลับมาเปรียบเทียบกับค่าความถี่ที่สั่งจากมอเตอร์ไดรฟ์ที่ป้อนให้กับระบบ ควรใช้กับงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำ

2) การควบคุมมอเตอร์ไดรฟ์แบบปิด (Close loop) คือการควบคุมที่ความถี่ของมอเตอร์มีผลต่อการควบคุมขบวนการของระบบ กล่าวคือ มีการนำเอาค่าความถี่ของมอเตอร์กลับมาเปรียบเทียบกับค่าความถี่ที่สั่งจากมอเตอร์ไดรฟ์ที่ป้อนให้กับระบบ โดยมีการติดตัวเอ็นโค้ดเดอร์ที่ตัวมอเตอร์ เพื่อทำหน้าที่วัดความเร็วรอบทำให้มีความแม่นยำมากกว่าการควบคุมแบบเปิด

3) การควบคุมมอเตอร์ไดรฟ์แบบเวกเตอร์ เป็นวิธีการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำในลักษณะคล้ายคลึงกับมอเตอร์กระแสตรง โดยทั่วไประบบควบคุมจะทำการจ่ายกระแสสเตเตอร์ที่มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือส่วนที่สร้างฟลักซ์แม่เหล็กและส่วนสร้างแรงบิด ทั้งนี้การควบคุมทั้งหมดจะกระทำอยู่บนแกนอ้างอิงที่หมุนไปพร้อมๆ กับฟลักซ์-เวกเตอร์ทางด้านโรเตอร์ประเด็นสำคัญในการควบคุมชนิดนี้จึงอยู่ที่ว่าเราสามารถหาตำแหน่งของฟลักซ์เวกเตอร์ได้แม่นยำเพียงไร ซึ่งในทางปฏิบัติเนื่องจากเราไม่สามารถวัดค่าฟลักซ์ได้โดยตรง เราจึงใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำช่วยในการคำนวณหาค่าฟลักซ์เวกเตอร์นี้แทน ดังนั้น ข้อด้อยของระบบนี้จึงอยู่ที่เราจำเป็นต้องทราบค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์อย่างถูกต้อง จึงจะได้คุณสมบัติการควบคุมที่ดีข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งของระบบก็คือเราจำเป็นต้องทราบข้อมูลความเร็วหรือตำแหน่งของมอเตอร์ด้วย ซึ่งทำให้เราไม่สามารถนำไปใช้กับระบบที่ไม่มีเซนเซอร์วัดความเร็วได้ ดังนั้นโดยทั่วไปเรามักจะใช้ระบบควบคุมแบบเวกเตอร์นี้กับงานที่ต้องการความแม่นยำ และความเร็วในการตอบสนองสูง

4) การควบคุมมอเตอร์ไดรฟ์แบบฟลักซ์เวกเตอร์ มอเตอร์ไดรฟ์จะทำการควบคุมฟลักซ์แม่เหล็กภายในมอเตอร์ให้มีค่าคงที่(ส่วนใหญ่จะเป็นฟลักซ์ที่สเตเตอร์) โดยอาศัยการป้อนกลับของกระแส เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาการควบคุมแรงบิด-ความเร็วของการควบคุมแบบ V/F ให้ดีขึ้น ในวิธีการนี้มอเตอร์ไดรฟ์จะต้องทราบข้อมูลพารามิเตอร์ของมอเตอร์ด้วย ถึงจะทำการควบคุมฟลักซ์ได้อย่างถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตามคุณสมบัติในย่านความเร็วต่ำก็ยังไม่ดี เนื่องจากความไม่เป็นอุดมคติของสวิทช์กำลังและค่าผิดพลาดของพารามิเตอร์ของมอเตอร์

5) การควบคุมมอเตอร์ไดรฟ์แบบเซอร์โว ลักษณะของการควบคุมเซอร์โวจะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิด (Closed loop control) ซึ่งประกอบด้วยโหมดการควบคุม 3 โหมดคือโหมดการควบคุมแรงบิด (Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือลูปสุด โหมดการควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง (Position Control Mode)

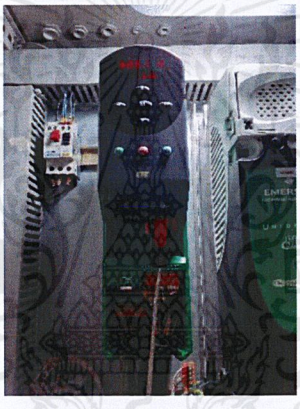
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 [15]

มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 เป็นมอเตอร์ไดรฟ์ของบริษัท Nidec ซึ่งปัจจุบันได้เลิกผลิตไปแล้ว ข้อมูลทางเทคนิคและข้อมูลเทอร์มินอลของมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401แสดงดังตารางที่ 2.7 และ ตารางที่ 2.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.7 ข้อมูลทางเทคนิคมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 [15]

หัวข้อ	รายละเอียด
พาวเวอร์ซัพพลาย	380-480 โวลต์
กำลังไฟฟ้า	0.75 kw
กระแสไฟฟ้าที่จ่าย	2.1 A



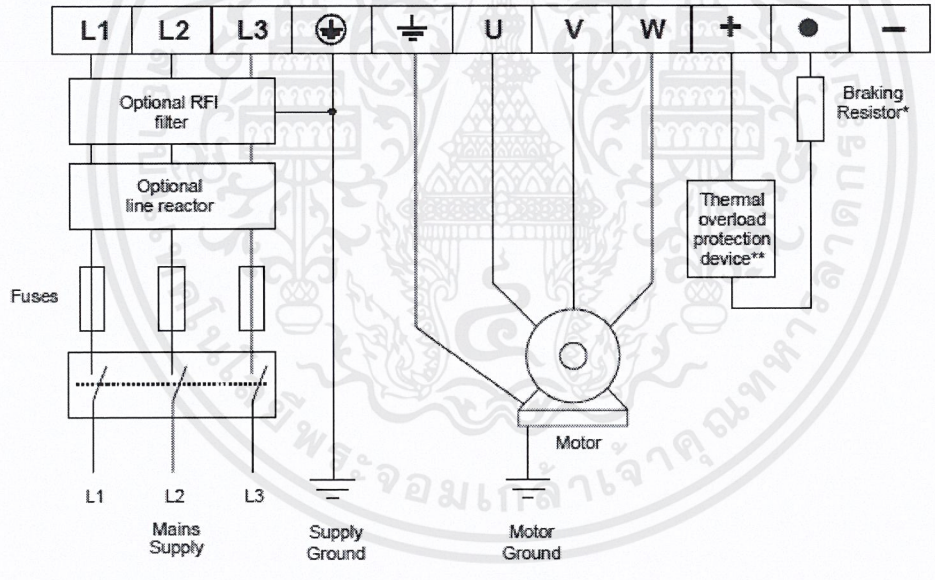
รูปที่ 2.10 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401

ตารางที่ 2.8 ข้อมูลเทอร์มินอลมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 [15]

Function	Qty	Programmability	Terminals
Differential analog input	1	Destination, mode ,scaling	5,6
Single ended analog input	2	Destination, mode ,scaling	7,8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analog Output	2	Source, mode ,scaling	9,10
Digital Input	3	Destination, mode	27,28,29
Digital Input/Outputs	3	Destination/Source, mode	24,25,26
Relay	1	Source	1,2
Drive Enable	1	External Trip	30
10 V Supply	1	-	4
24 V Supply	1	-	22
0 V analog	2	-	3,11
0 V digital	2	-	21,23,31



รูปที่ 2.11 ไวริ่งไดอะแกรมมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 [15]

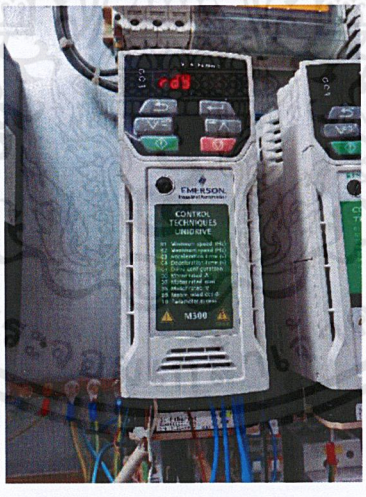
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 [16]

มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 เป็นมอเตอร์ไดรฟ์ของบริษัท Nidec M300ให้การผสมผสานการทำงานที่มีความยืดหยุ่นกับความปลอดภัยและการสื่อสาร M300 เหมาะกับการใช้งานทีต้องการปลอดภัยที่คุ้มค่าด้วยอินพุต Safe Torque Off 2 ช่อง พีแอลซีแบบในตัวและ SI อินเตอร์เฟสสำหรับมาตรฐานฟิลด์บัสในอุตสาหกรรม, อีเทอร์เน็ตหรือการต่อ i/o การ์ดเพิ่มเติม ซึ่งคุณสมบัตินี้ช่วยให้มั่นใจว่า M300 มีความยืดหยุ่นที่จะใช้กับระบบใดๆ ข้อมูลทางเทคนิคและข้อมูลเทอร์มินอลมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น เอ็ม 300 แสดงดังตารางที่ 2.9 และตารางที่ 2.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.9 ข้อมูลทางเทคนิคมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 [16]

หัวข้อ	รายละเอียด
การควบคุม	Open-Loop
พาวเวอร์ซัพพลาย	380-480 โวลต์
กำลังไฟฟ้า	0.75 kw
กระแสไฟฟ้าที่จ่าย	2.3 A



รูปที่ 2.12 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300

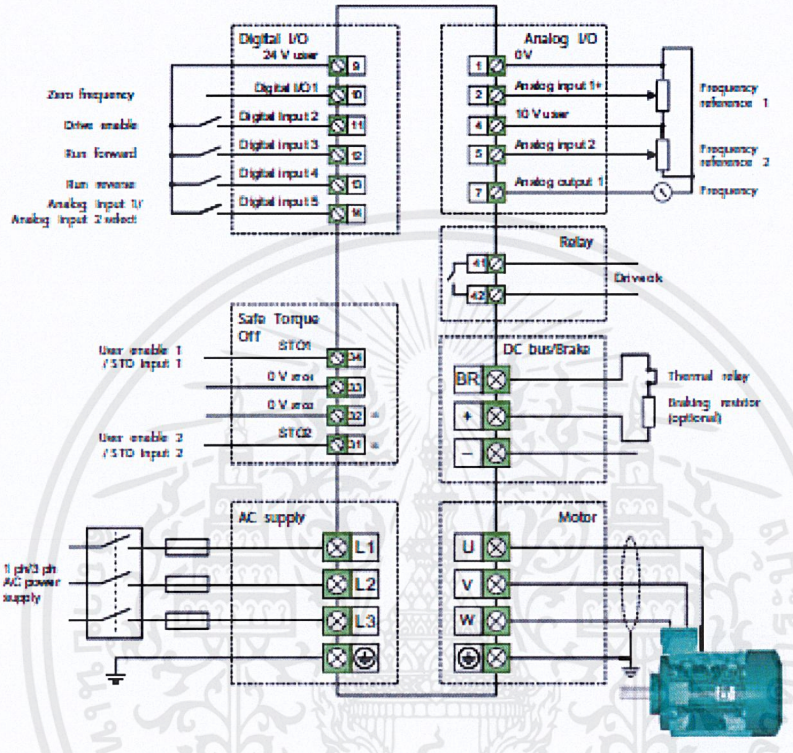
ตารางที่ 2.10 ข้อมูลเทอร์มินอลมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Function	Qty	Programmability	Terminals
Single ended analog input	2	Destination, mode, Offset, Invert ,scaling	2,5
Analog Output	1	Source, mode ,scaling	7
Digital Input	5	Destination, Invert	5,11,12,13,14
Digital Input/Outputs	1	Input/Output mode ,Select, Destination/Source, invert	10
Frequency input	1	Maximum reference, input limit, scaling, destination	14
PWM or frequency output	1	Source, scaling, maximum output frequency, mode	10
Motor thermistor input	1	Mode, type, trip threshold, reset threshold	14
Relay	1	Source, invert	41
Drive enable (Safe Torque Off)	2	-	31 (STO 2 input), 34 (STO 1 input) [frame 1- 4] 31 (STO 1 input), 35 (STO 2 input) [frame 5 - 9
+10 V User output	1	-	4
+24 V User output	1	-	9
0V common	1		1
0V Safe Torque Off	2		32 (0 V STO 2), 33 (0 V STO 1) [frame 1- 4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			32 (0 V STO 1), 36 (0 V STO 2) [frame 5 - 9]



รูปที่ 2.13 ไวริ่งไดอะแกรมมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 [16]

รูปที่ 2.14 การ์ด i/o สำหรับมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 702 [17]

มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 702 เป็นมอเตอร์ไดรฟ์ของบริษัท Nidec โดยมีประสิทธิภาพในการทำงานที่มากกว่ามอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 702 สามารถควบคุมการทำงานแบบปิด ทำให้มีความแม่นยำมากกว่ามอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 ซึ่งควบคุมได้เฉพาะการทำงานแบบเปิด แต่ในขณะเดียวกันก็มีราคาที่สูงกว่า

ตารางที่ 2.11 ข้อมูลทางเทคนิคมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 702 [17]

หัวข้อ	รายละเอียด
การควบคุม	Close Loop
พาวเวอร์ซัพพลาย	380-480 โวลต์
กำลังไฟฟ้า	0.75 kw
กระแสไฟฟ้าที่จ่าย	2.5 A

รูปที่ 2.15 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 702 [17]

2.7 มอเตอร์ [18]

มอเตอร์คือเครื่องกลไฟฟ้า ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า(Electrical Energy) ไปเป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) มอเตอร์ไฟฟ้ามีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โรเตอร์, ขดลวดสนามแม่เหล็ก, ขั้วต่อสาย และโครงมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 ชนิดของมอเตอร์

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) คือมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล มีทั้งหมด 3 ประเภทคือ 1. มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) 22 ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motor) มอเตอร์ที่หมุนด้วอัตราคงที่เนื่องจากใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 3. มอเตอร์อุตสาหกรรม (Industrial Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับงานที่ต้องใช้กำลังมาก เช่น สายพานลำเลียง เครื่องเป่าลม

2) เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่ได้รับความนิยมในตลาดและใช้สำหรับการควบคุมตำแหน่งแต่ไม่ต้องการความแม่นยำสูง ประกอบด้วย มอเตอร์(Motor), Potentiometer(เป็นทรานสดิวเซอร์วัดตำแหน่งและระยะทางชนิดเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน) และวงจรควบคุมผ่าน Pulse Width Modulation (PWM) ผ่านการส่ง Pulse ทางไฟฟ้าไปยังสายควบคุม

3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) มอเตอร์ที่ใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรงในการทำงาน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1. แบบมีแปรงถ่าน(Brushed) มีแรงบิด(Torque)ที่ดีในช่วงความเร็วรอบต่ำ 2. แบบไม่มีแปรงถ่าน(Brush Less) มอเตอร์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูง เสียงรบกวนต่ำ และให้กำลังที่มากกว่ามอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน แต่มีข้อเสียคือ การควบคุมความเร็วรอบที่ยากและแรงบิด(Torque)ไม่สูงมากในช่วงเริ่มต้น

4) มอเตอร์แบบสั่น (Vibration Motor) มอเตอร์นี้ใช้สำหรับทำให้เกิดการสั่นสะเทือนเนื่องจากความไม่สมดุล

5) สเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) เป็นมอเตอร์ที่มความแม่นยำสูง การควบคุมมอเตอร์ชนิดนี้จะใช้สัญญาณ Pulse ในการควบคุมเพื่อให้ตัวขับ(Driver) ส่งแรงดันไฟฟ้าตามสัดส่วนไปยังมอเตอร์ ซึ่งควบคุมค่อนข้างง่ายแต่จะใช้กระแสสูง สามารถใช้ได้ดีกับโหลดสูงๆ

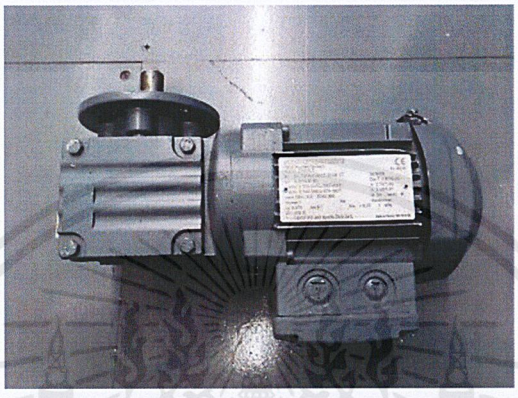
2.7.2 มอเตอร์รุ่น SF37 DT63L2

เป็นมอเตอร์ประเภทมอเตอร์เหนี่ยวนำของบริษัท Sew-Eurodrive ข้อมูลทางเทคนิคของมอเตอร์รุ่น SF37 DT63L2 แสดงดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.12 ข้อมูลทางเทคนิดของมอเตอร์รุ่น SF37 DT63L2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	รายละเอียด
ชนิด	3 เฟส
กำลังไฟฟ้า	0.37 kw
กระแสไฟฟ้าที่จ่าย	0.93 A

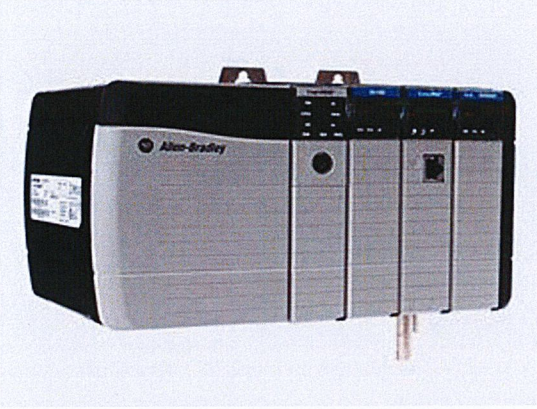


รูปที่ 2.16 มอเตอร์รุ่น SF37 DT63L2

2.8 พีแอลซี [19]

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมีไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ พีแอลซีจะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือ สวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปในพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 พีแอลซี [20]

2.8.1 โครงสร้างของพีแอลซี

โครงสร้างภายในของพีแอลซีแต่ละส่วนนั้นจะประกอบกันทำงานเป็นระบบควบคุม หรือที่เราเรียกว่า พีแอลซี ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญคือ ยูนิตทั้ง 5 ส่วน เมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้วก็จะกลายเป็นพีแอลซีชุดหนึ่งที่สามารถทำงานได้ แต่ละยูนิตจะมีหน้าที่และคุณสมบัติ ดังนี้

1) ซีพียูหรือหน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่ประมวลผลทำงานตามคำสั่งของส่วนต่าง ๆ ตามที่ได้รับมา ผลจากการประมวลผลก็จะถูกส่งออกไปยังส่วนต่าง ๆ ตามที่ได้ระบุไว้ด้วยคำสั่งนั่นเอง ซีพียูจะใช้เวลาในการประมวลผลช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับการเลือกขนาดของซีพียูและความยาวของโปรแกรมที่เขียน

2) หน่วยความจำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลต่างๆของพีแอลซี กรณีที่ต้องการสั่งให้พีแอลซีทำงาน โดยพีแอลซีจะนำเอาโปรแกรมและข้อมูลในหน่วยความจำมาประมวลผลการทำงาน

3) อินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตเข้ามาแล้วแปลงสัญญาณเพื่อที่จะส่งเข้าไปภายในพีแอลซี อุปกรณ์อินพุท (Input Device) ต่าง ๆ ที่จะนำมาต่อกับภาคอินพุทได้นั้น เช่น รีเลย์, ลิมิตสวิทช์, อินเวอร์เตอร์, เอ้นโค้ดเดอร์, เซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อส่งไปยังซีพียูเพื่อประมวลผลตามโปรแกรมคำสั่งของผู้ใช้

4) เอาต์พุต ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปขับโหลดชนิดต่าง ๆ ตามเงื่อนไขที่ได้เขียนในโปรแกรมเอาไว้ ซึ่งหน่วยเอาต์พุตทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเช่น หลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

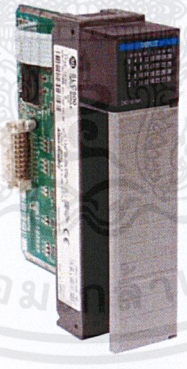
5) แหล่งจ่ายพลังงาน ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับซีพียู หน่วยความจำ, หน่วยอินพุตและเอาต์พุต

2.8.2 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 [21]

การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 เป็นการ์ดแบบอินพุตทำหน้าที่รับสัญญาณเข้ามายังพีแอลซีเพื่อนำไปประมวลผลตามโปรแกรมที่เขียนไว้ ข้อมูลทางเทคนิคของการ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 แสดงดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ข้อมูลทางเทคนิคของการ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 [21]

หัวข้อ	รายละเอียด
พาวเวอร์ซัพพลาย	24 โวลต์
จำนวนช่องอินพุต	32 ช่อง
ชนิดของอินพุต	ดิจิตอล
อุณหภูมิที่ทำงานได้	0 – 60 °C



รูปที่ 2.18 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 [22]

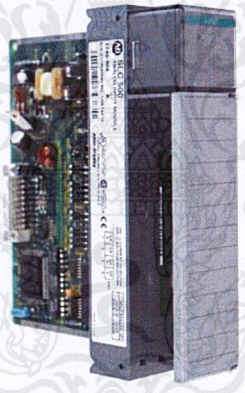
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-NIO4V [21]

การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-NIO4V เป็นการ์ดพีแอลซีแบบมีทั้งแอนะล็อกอินพุตและเอาต์พุตในตัวเดียว ข้อมูลทางเทคนิคของการ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 แสดงดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 ข้อมูลทางเทคนิคของการ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 [21]

หัวข้อ	รายละเอียด
พาวเวอร์ซัพพลาย	24 โวลต์
จำนวนช่องแอนะล็อกอินพุต	2 ช่อง
ชนิดของอินพุต	กระแส/แรงดันไฟฟ้า
จำนวนช่องแอนะล็อกเอาต์พุต	2 ช่อง
ชนิดของเอาต์พุต	แรงดันไฟฟ้า
อุณหภูมิที่ทำงานได้	0 – 60 °C



รูปที่ 2.19 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32 [23]

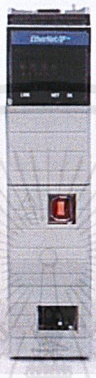
2.8.4 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1756-EN2T [24]

การ์ดพีแอลซีรุ่น 1756-EN2T เป็นการ์ดแบบอีเทอร์เน็ต เชื่อมต่อกับอุปกรณ์โดยใช้สายแลน ข้อมูลทางเทคนิคของการ์ดพีแอลซีรุ่น 1756-EN2T แสดงดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 ข้อมูลทางเทคนิคของการ์ดพีแอลซีรุ่น 1756-EN2T [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	รายละเอียด
พอร์ตการเชื่อมต่อ	ยูเอสบีและอีเทอร์เน็ต
ความเร็วสูงสุด	100 Mbit/s
ชนิดของโปรโตคอล	EtherNet/IP
อุณหภูมิที่ทำงานได้	0 – 60 °C



รูปที่ 2.20 การ์ดพีแอลซีรุ่น 1756-EN2T [24]

2.9 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

ในโครงงานนี้ ใช้ซอฟต์แวร์หลายตัวในการทำดังนี้

2.9.1 โปรแกรม PLS-LSI User Software

โปรแกรม PLS-LSI User Software เป็นโปรแกรมที่ใช้ตั้งค่าพารามิเตอร์ของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่นเก่า (PLS 101-312) โดยในการตั้งค่าจะใช้สาย RS-232 ในการเชื่อมกับคอมพิวเตอร์

รูปที่ 2.21 โปรแกรม PLS-LSI User Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 โปรแกรม SICK CDS

โปรแกรม SICK CDS เป็นโปรแกรมที่ใช้ตั้งค่าพารามิเตอร์ของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่นใหม่ (S30A 6011 BA) โดยในการตั้งค่าจะใช้สายเฉพาะของบริษัท SICK

รูปที่ 2.22 โปรแกรม SICK CDS

2.9.3 โปรแกรม CTSoft

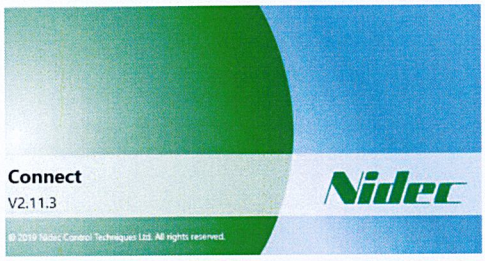
โปรแกรม CTSoft เป็นโปรแกรมที่ใช้ตั้งค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่า (Unidrive Classic 1401) โดยการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอรีจะใช้โมดูล UD71

รูปที่ 2.23 โปรแกรม CTSoft

2.9.4 โปรแกรม M Connect

โปรแกรม M Connect เป็นโปรแกรมที่ใช้ตั้งค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นใหม่ (Unidrive M 300)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 โปรแกรม M Connect

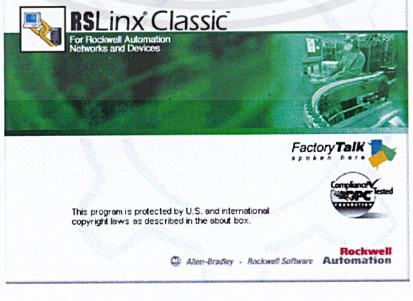
2.9.5 โปรแกรม RSLogix 5000

โปรแกรม RSLogix 5000 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในควบคุมพีแอลซีให้ทำงานตามที่ต้องการโดยการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์เป็นลำดับเพื่อให้พีแอลซีทำงานตามลำดับนั้น

รูปที่ 2.25 โปรแกรม RSLogix 5000

2.9.6 โปรแกรม RSLinx Classic

โปรแกรม RSLinx Classic เป็นโปรแกรมที่ใช้หา IP ของพีแอลซีเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเชื่อมต่อกับพีแอลซีได้โดยอยู่ใน IP วงเดียวกัน



รูปที่ 2.26 โปรแกรม RSLinx Classic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

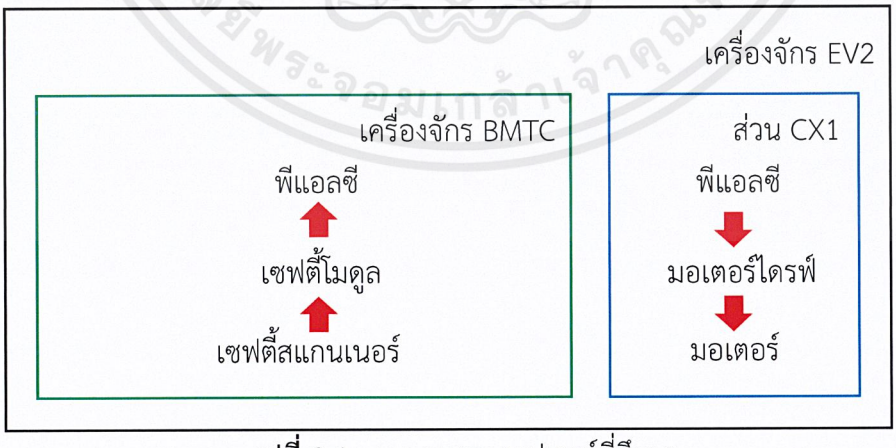
บทที่ 3
วิธีดำเนินงาน

3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ส่วนของอุปกรณ์ในเครื่องจักร EV2 ที่ศึกษา การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S30 6011-BA เพื่อนำมาใช้แทนเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 การเปลี่ยนไวริ่งไดอะแกรมเพื่อเปลี่ยนเซฟตี้โมดูลจากรุ่น LCU-X เป็น รุ่นMSR127TP และการเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์จากรุ่น Unidrive Classic 1401 เป็นรุ่น Unidrive M 300 ซึ่งมีการเปลี่ยนการเชื่อมต่อจากแบบอนาล็อกเป็นอีเทอร์เน็ต

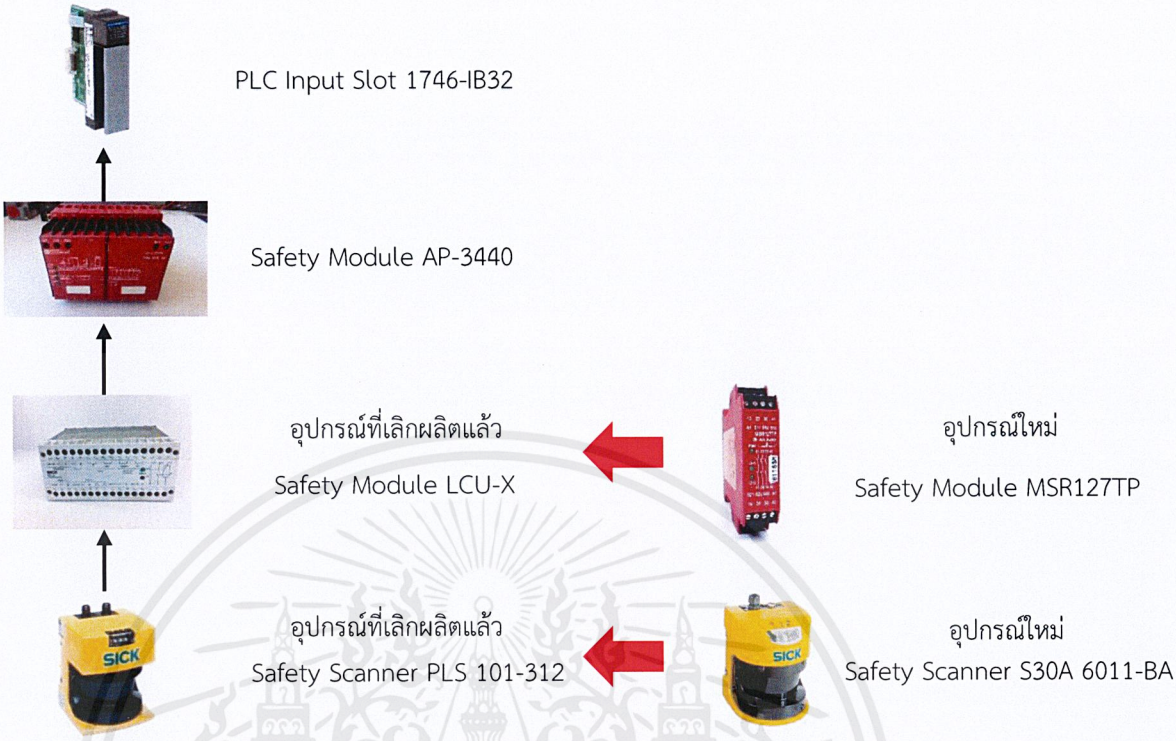
3.2 ส่วนของอุปกรณ์ที่ศึกษา

ในโครงงานนี้มีอุปกรณ์ที่ศึกษาทั้งหมด 3 อุปกรณ์คือ เซฟตี้สแกนเนอร์ PLS 101-312 เซฟตี้โมดูล LCU-X และมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 ซึ่งทั้งหมดได้หยุดการผลิตไปแล้วจึงต้องเปลี่ยนอุปกรณ์เป็นรุ่นที่ใหม่ขึ้นคือเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S30A-6011 BA เซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP ซึ่งทางโรงงานเป็นผู้กำหนดรุ่นใหม่ที่จะเปลี่ยน ส่วนมอเตอร์ไดรฟ์ ผู้จัดทำเลือกมอเตอร์ไดรฟ์ รุ่น Unidrive M 300 เนื่องจากการควบคุมของมอเตอร์เป็นแบบเปิด เซฟตี้สแกนเนอร์และ เซฟตี้โมดูลทำงานร่วมกัน โดยเป็นระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร BMTC และมอเตอร์ไดรฟ์จะควบคุมการหมุนมอเตอร์เพื่อตัดยางภายในส่วน CX1 ดังรูปที่ 3.1

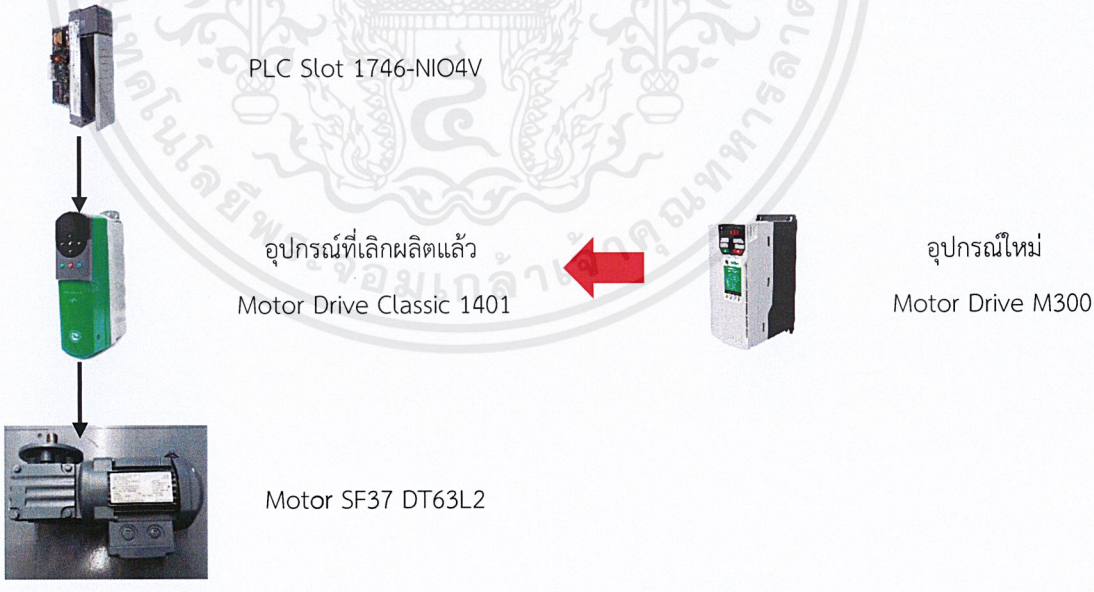


รูปที่ 3.1 ภาพรวมของอุปกรณ์ที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนภาพกระบวนการควบคุมของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูล



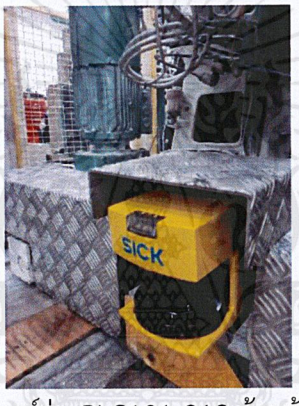
รูปที่ 3.3 แผนภาพกระบวนการควบคุมของมอเตอร์ไดรฟ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

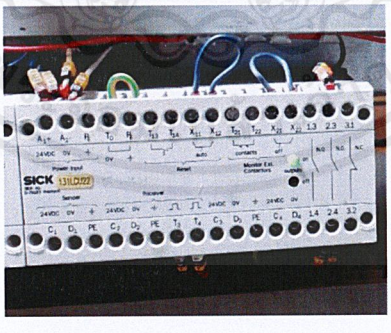
3.3 การเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูล

เซฟตี้สแกนเนอร์ทำหน้าที่หยุดเครื่องจักร BMTC ในกรณีมีวัตถุเข้ามาในพื้นที่การตรวจจับ โดยในการทำงานปกติจะส่งสัญญาณเอาต์พุต 2 สัญญาณไปยังเซฟตี้โมดูลตลอดเวลา เมื่อมีวัตถุเข้ามาในพื้นที่ตรวจจับ เซฟตี้สแกนเนอร์จะหยุดส่งสัญญาณ ทำให้เครื่องจักร BMTC หยุดทำงาน

เซฟตี้โมดูลมีหน้าที่รวมสัญญาณเอาต์พุตของเซฟตี้สแกนเนอร์ 2 สัญญาณให้เป็นสัญญาณเดียวเพื่อความปลอดภัยที่มากขึ้น โดยมีลิมิตสวิตช์ 1 ตัวมาตัดสัญญาณเอาต์พุตของเซฟตี้โมดูล กรณีเครื่องจักร BMTC เคลื่อนเลยจุดที่กำหนด เซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลจึงมีการทำงานร่วมกัน โดยตำแหน่งของเซฟตี้สแกนเนอร์ที่จะเปลี่ยนติดตั้งอยู่ด้านซ้ายบนเครื่องจักร BMTC และตำแหน่งของเซฟตี้โมดูลติดตั้งอยู่ในตู้ไฟฟ้าของเครื่องจักร BMTC



รูปที่ 3.4 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS101-312 ด้านซ้ายบนเครื่องจักร BMTC



รูปที่ 3.5 เซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X ในตู้ไฟฟ้าของเครื่องจักร BMTC

การเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลมีหลักการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเซฟตี้สแกนเนอร์

ในการเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์นั้น เนื่องจากเป็นเซฟตี้สแกนเนอร์ต่างรุ่นกัน ใช้โปรแกรมต่างกัน ทำให้ต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ใหม่ ไม่สามารถอัพโหลดค่าพารามิเตอร์จากเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่าแล้วดาวน์โหลดลงในเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่ได้ทันที โดยมีขั้นตอนในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ใหม่คือ

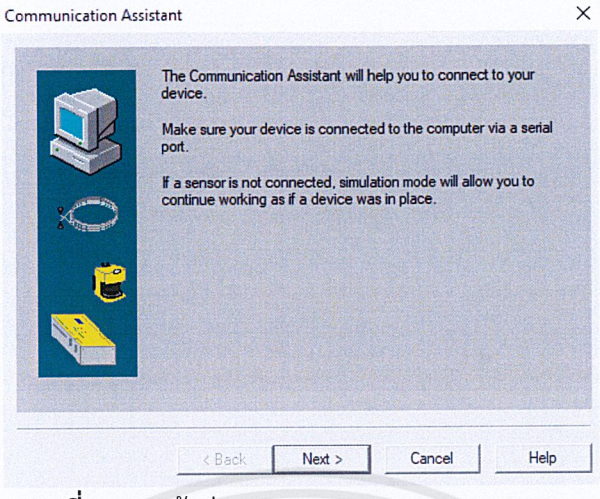
- **การอัพโหลดค่าพารามิเตอร์จากเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่า**

การอัพโหลดค่าพารามิเตอร์จากเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่าเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้เซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่ เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมโดยจะใช้สายแบบ RS-232/USB ในการเชื่อมต่อกับเซฟตี้สแกนเนอร์กับคอมพิวเตอร์

รูปที่ 3.6 สายแบบ RS-232/USB [25]

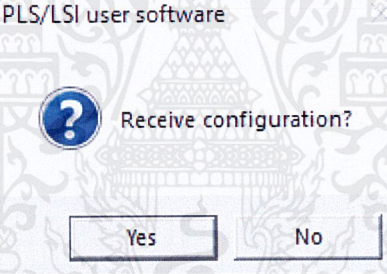
โปรแกรมสำหรับอัพโหลดคือ โปรแกรม PLS-LSI User Software เมื่อเปิดโปรแกรม PLS-LSI User Software จะขึ้นหน้าต่าง Communication Assistant ให้กด Next

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 หน้าต่าง Communication Assistant

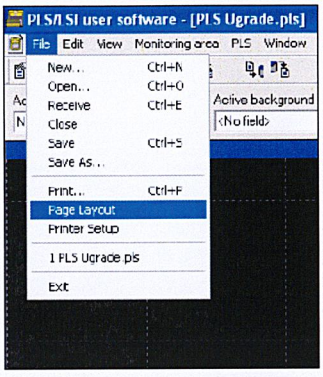
จากนั้นโปรแกรมจะให้เลือกชนิดของเซฟตี้สแกนเนอร์ซึ่งตัวเก่าเป็นรุ่น PLS จากนั้นเลือกพอร์ตที่เชื่อมต่อกับเซฟตี้สแกนเนอร์ โปรแกรมจะให้เลือกว่าจะอัพโหลดหรือไม่ ให้กด Yes



รูปที่ 3.8 หน้าต่างอัพโหลดพารามิเตอร์

เมื่ออัพโหลดแล้ว ไปเปิด Page Layout เพื่อดูพารามิเตอร์ต่างๆของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่า โดยเปิดใน File > Page Layout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การเปิด Page Layout

PLS/LSI user software

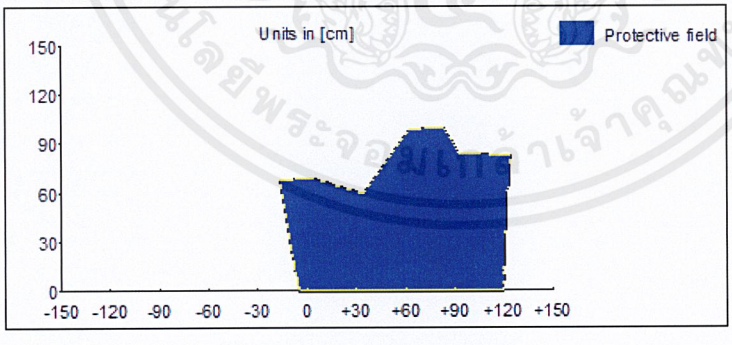
SICK

PLS configuration

- The serial number is 07120022.
- The software version is 03.20 .
- Sensor is type 'PLS 10x-x12'.
- The sensor name is 'Sensor'.
- The monitoring area name is 'Field'.
- The warning field is in the non-volatile memory.
- The universal address is used.
- The multiple evaluation of 2 scans has a response time of 80 ms.
- The immediate restart is used.
- Startup testing is inactive.
- Weak Signal output active in case of contamination or object in warning field.
- The application is 'area protection'.

Monitoring area

Protective field



- The protective field date is 6/3/2016 / 12:00:00 PM.
- Segmented field with 9 of 91 points.

120.0cm, 0.0cm 123.5cm, 83.3cm	92.9cm, 83.6cm 84.2cm, 100.4cm	62.0cm, 99.2cm 34.5cm, 59.8cm	4.8cm, 68.8cm -16.9cm, 67.9cm	-5.0cm, -0.0cm

รูปที่ 3.10 Page Layout ของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่า

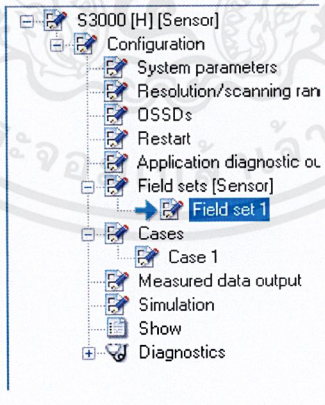
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่**

เมื่อได้ Page Layout ของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่าแล้ว ก็นำค่าพารามิเตอร์ใน Page Layout ไปกำหนดให้เซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่ ซึ่งจะใช้โปรแกรม SICK CDS ในการกำหนด และจะใช้สายรุ่น DSL-8U04G02M025KM1 ของบริษัท SICK AG ในการเชื่อมต่อเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่กับคอมพิวเตอร์

รูปที่ 3.11 สายรุ่น DSL-8U04G02M025KM1 [26]

จากนั้นให้เลือกพอร์ตที่เชื่อมต่อแล้วกด Identity เพื่อให้โปรแกรมเลือกรุ่นเซฟตี้สแกนเนอร์ที่เชื่อมต่อ เมื่อโปรแกรมหาเจอจะแสดงรุ่นเซฟตี้สแกนเนอร์ จากนั้นกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่ โดยอ้างอิงข้อมูลจาก Page Layout ของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่า และวาดพื้นที่การตรวจจับตามพื้นที่สีน้ำเงินใน Page Layout โดยตั้งค่าในหน้าต่างตั้งค่าพารามิเตอร์

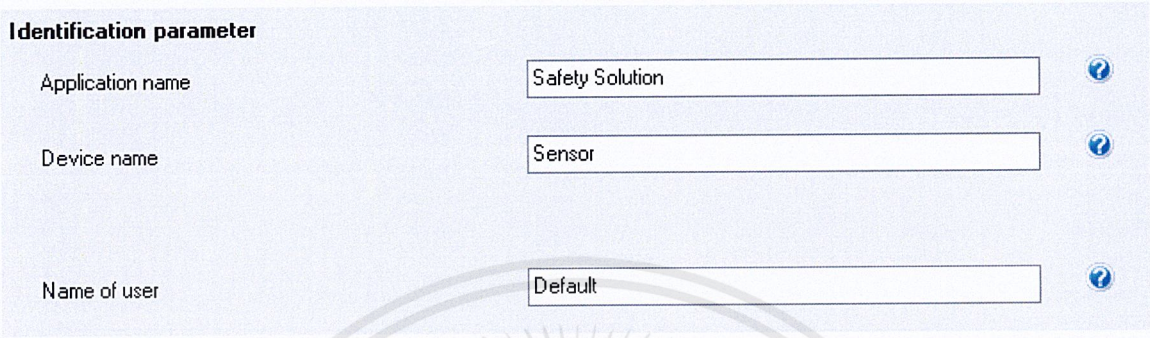


รูปที่ 3.12 หน้าต่างตั้งค่าพารามิเตอร์ของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่นใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

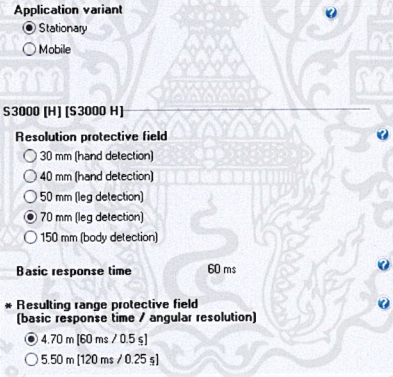
ทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่นใหม่โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) คลิกขวาที่รุ่นเซฟตี้สแกนเนอร์เลือก Open Device เพื่อเปิดหน้าต่างตั้งค่าพารามิเตอร์ ในหัวข้อ System parameters ให้ใส่ชื่ออุปกรณ์คือ Sensor



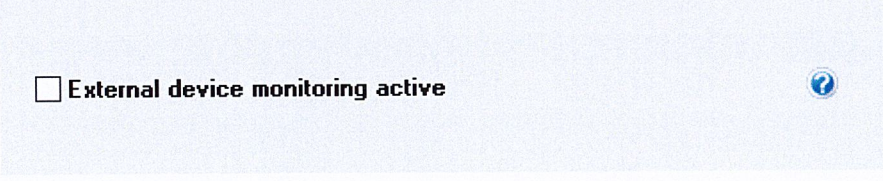
รูปที่ 3.13 การตั้งค่า System Parameters

2) หัวข้อ Resolution/scanning range ให้เลือก Application variant เป็น Stationary เลือก Resolution เป็น 70 mm. เลือก Maximum Protective Field Range เป็น 4 เมตร (60 ms)



รูปที่ 3.14 การตั้งค่า Resolution/scanning range

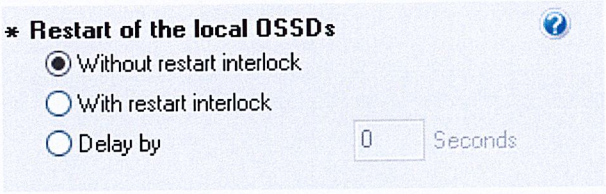
3) หัวข้อ OSSDs ต้องไม่เลือก External Device Monitor Active



รูปที่ 3.15 การตั้งค่า OSSDs

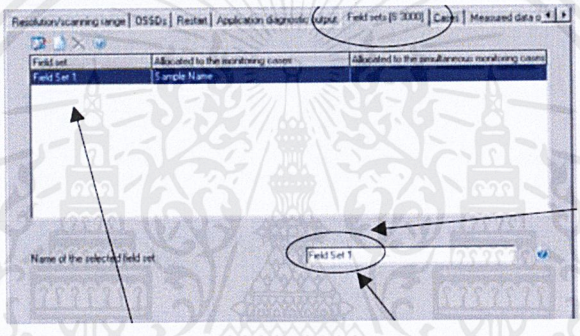
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) หัวข้อ Reset เซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่าจะ Reset ทันทีจึงเลือก Without restart interlock

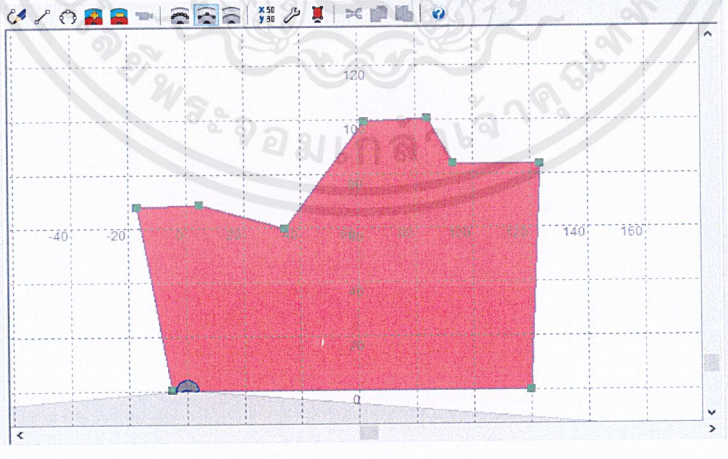


รูปที่ 3.16 การตั้งค่า Reset

5) ในหัวข้อ Field set จะสร้างพื้นที่ใหม่ และวาดตามพื้นที่การตรวจจับตามพื้นที่สีน้ำเงินใน Page Layout ของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่า



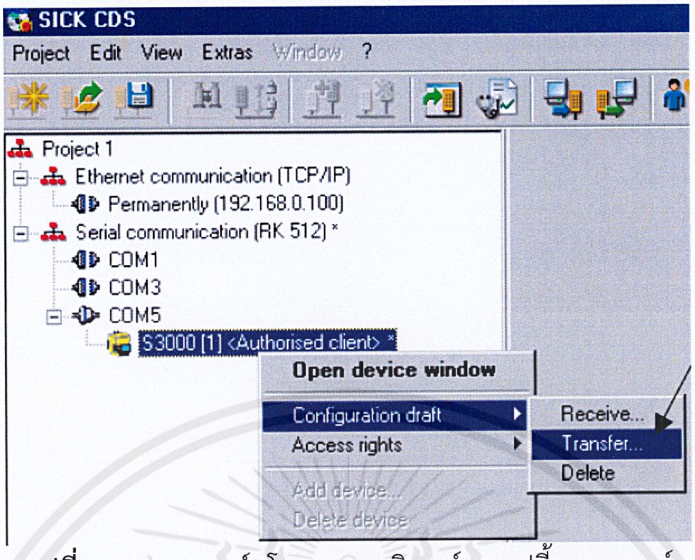
รูปที่ 3.17 การตั้งค่า Field Set



รูปที่ 3.18 การวาด Field Set

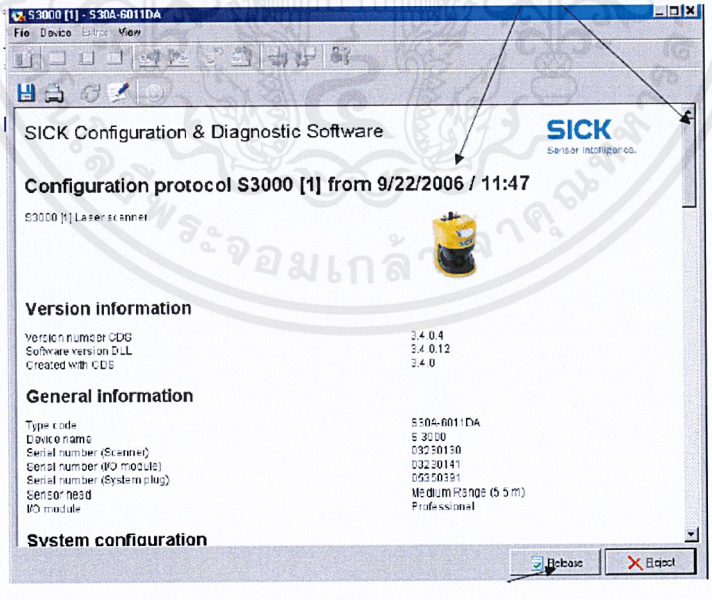
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์เรียบร้อยแล้ว จะดาวน์โหลดพารามิเตอร์ลงเซฟตี้สแกนเนอร์



รูปที่ 3.19 การดาวน์โหลดพารามิเตอร์ลงเซฟตี้สแกนเนอร์

หลังจากกด Transfer โปรแกรมจะขึ้นหน้าต่างค่าพารามิเตอร์ ให้ตรวจสอบความถูกต้อง และกด Release เป็นอันเสร็จสิ้นการดาวน์โหลดค่าพารามิเตอร์ จากนั้นนำเซฟตี้สแกนเนอร์ไปทดสอบการทำงานและติดตั้งที่เครื่องจักรต่อไป

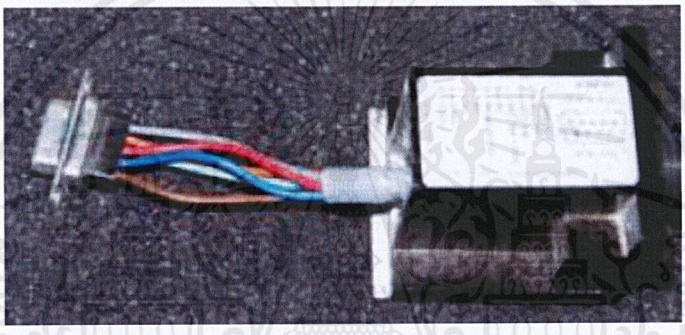


รูปที่ 3.20 หน้าต่างยืนยันการดาวน์โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การติดตั้งเซฟตี้สแกนเนอร์

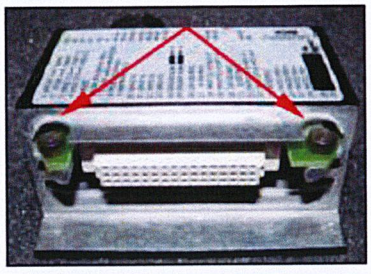
หลังจากดาวน์โหลดพารามิเตอร์ลงเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่และทำการทดสอบว่าทำงานได้อย่างถูกต้องแล้ว จะทำการติดตั้งเซฟตี้สแกนเนอร์ ในการติดตั้งต้องมีการเปลี่ยนการไวริ่งสายไฟที่ตัวเซฟตี้สแกนเนอร์เนื่องจากเทอร์มิน่อลของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่าและเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่ไม่เหมือนกัน สำหรับเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่าจะมีทั้งหมด 9 พินซึ่งมีการต่อจริงแค่ 5 พินคือพินหมายเลข 1 คือกราวน์ของเซฟตี้สแกนเนอร์ (สีน้ำตาล) พินหมายเลข 3 คือไฟเลี้ยง 24 โวลต์ของเซฟตี้สแกนเนอร์ (สีแดง) พินหมายเลข 5 คือสัญญาณที่ส่งไปพีแอลซีเมื่อมีวัตถุอยู่ในพื้นที่การตรวจจับ (สีเทา) พินหมายเลข 8และ9 คือสัญญาณเอาต์พุตของเซฟตี้สแกนเนอร์ ที่ส่งไปเซฟตี้โมดูล (สีส้มและสีเขียว)



รูปที่ 3.21 เทอร์มิน่อลของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่า

สำหรับเทอร์มินอลเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่จะมีทั้งหมด 30 พินแต่ใช้ 5 พินเท่าเดิมซึ่งหมายเลขของพินไม่เหมือนเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวเก่าทำให้ต้องมีการเปลี่ยนการต่อสายไฟโดย พินหมายเลข 1 คือไฟเลี้ยง 24 โวลต์ของเซฟตี้สแกนเนอร์ พินหมายเลข 2 คือกราวน์ของเซฟตี้สแกนเนอร์ พินหมายเลข 3 และ4 คือสัญญาณเอาต์พุตของเซฟตี้สแกนเนอร์ ที่ส่งไปเซฟตี้โมดูล พินหมายเลข 7 คือสัญญาณที่ส่งไปพีแอลซีเมื่อมีวัตถุอยู่ในพื้นที่การตรวจจับ หลังจากต่อสายไฟเรียบร้อยนำไปเชื่อมกับด้านบนของเซฟตี้สแกนเนอร์

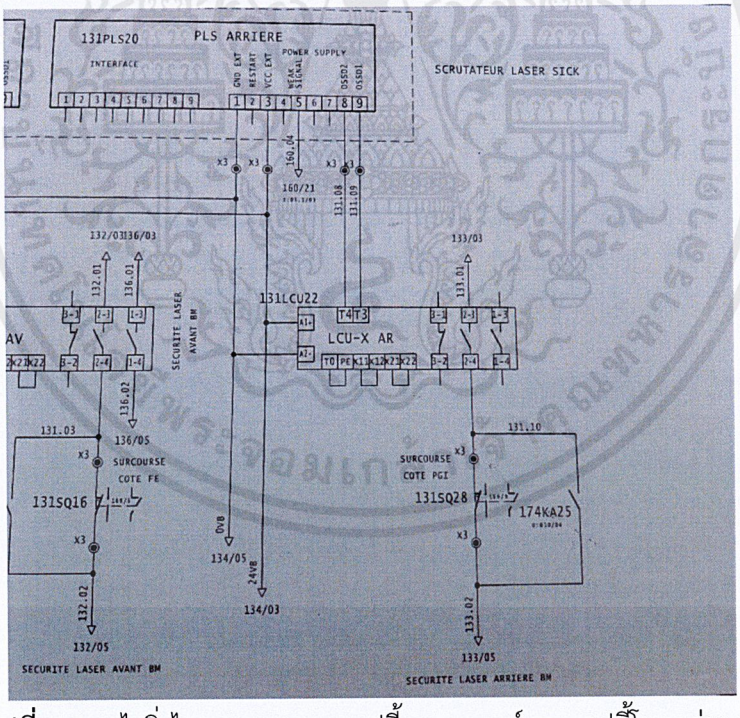
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 เทอร์มินอลของเซฟตี้สแกนเนอร์ตัวใหม่

3.3.3 การติดตั้งเซฟตี้โมดูล

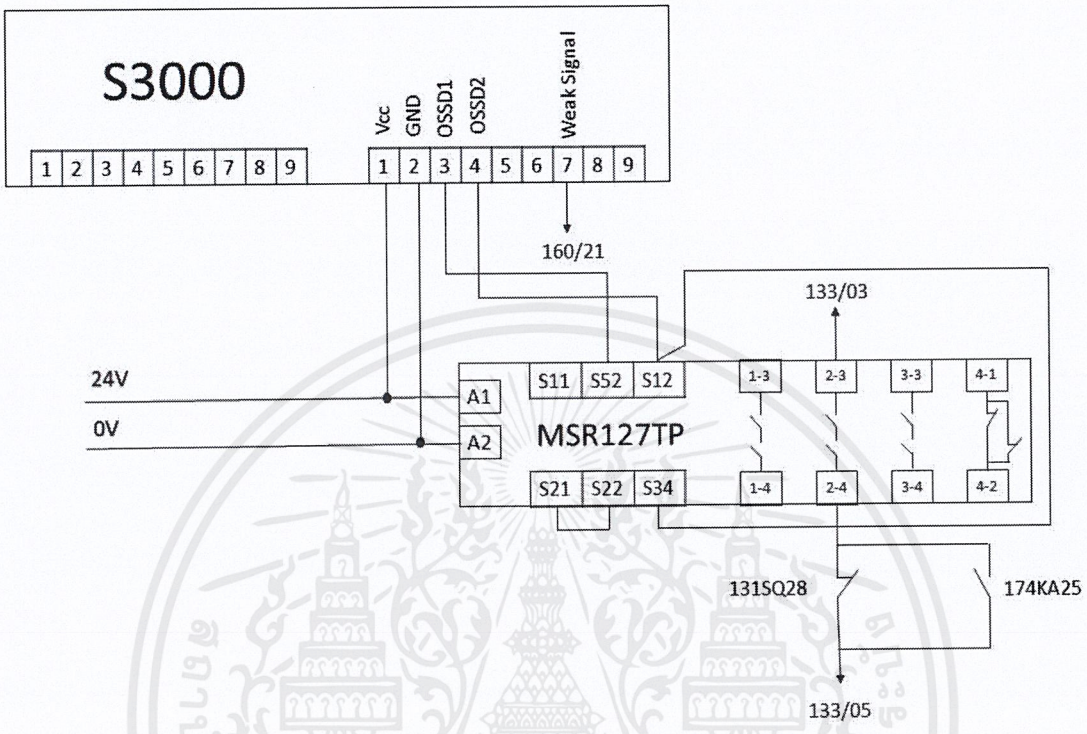
สัญญาณเอาต์พุต2สัญญาณของเซฟตี้สแกนเนอร์จะส่งมายังเซฟตี้โมดูล ซึ่งเซฟตี้โมดูลรุ่น LCU-X และ MSR127TP มีรูปแบบการต่อที่ต่างกัน LCU-X เป็นโมดูลสำหรับสแกนเนอร์โดยเฉพาะจึงมีพิน T3 และT4 ไว้รับสัญญาณจากสแกนเนอร์ ต้องต่อพินT0เข้ากับPE ต่อพินX11เข้ากับX12 เพื่อตั้งเป็น Auto reset ต่อพิน X21เข้ากับX22 เพื่อไม่ใช้งานคอนแทคเพิ่มเติม



รูปที่ 3.23 ไวริ่งไดอะแกรมของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลรุ่นเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปลี่ยนเป็นเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP สัญญาณเอาต์พุตของเซฟตี้สแกนเนอร์จะต่อเข้ากับพิน S52 และS12 แทนและต่อพิน S21เข้ากับS22 เพื่อให้คอนแทคทำงาน



รูปที่ 3.24 ไวริ่งไดอะแกรมของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลรุ่นใหม่

131SQ28 คือลิมิตสวิตซ์ที่ทำหน้าที่ตัดสัญญาณเอาต์พุตของเซฟตี้โมดูล กรณีเครื่องจักร BMTC เคลื่อนเลยจุดที่กำหนด 174KA25 คือรีเลย์ที่สั่งโดยพีแอลซีเพื่อให้เครื่องจักรกลับมาทำงานใหม่ โดยสัญญาณเอาต์พุตของเซฟตี้โมดูลนี้จะส่งต่อไปยังเซฟตี้โมดูลอีกตัวคือ เซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440 ซึ่งมีหน้าที่รีเซ็ตระบบให้เครื่องจักรกลับมาทำงาน เมื่อมีสิ่งของในพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.25 เซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440

3.4 การเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์

มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 ได้หยุดผลิตไปแล้วจึงต้องเปลี่ยนเป็นรุ่นที่ใหม่ขึ้นคือ มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 โดยตำแหน่งของมอเตอร์ไดรฟ์ที่จะเปลี่ยนติดตั้งอยู่ในตู้ไฟฟ้าของโพส CX1 มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้ตัดยางในโพส CX1 โดยจะแบ่งการเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์จะแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนคือส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนซอฟต์แวร์

รูปที่ 3.26 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 ในตู้ไฟฟ้าของโพส CX1

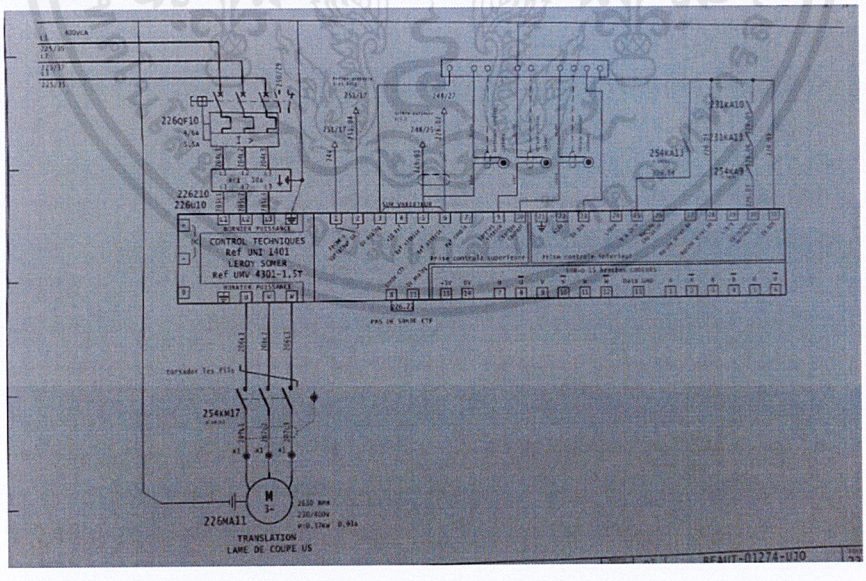
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 ส่วนฮาร์ดแวร์

1) ฮาร์ดแวร์มอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่า

สำหรับมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่าจะใช้การต่อแบบแอนะล็อก จะมีสายไฟสำหรับส่งค่าความเร็วที่จะสั่งมอเตอร์มาจากแอนะล็อกโมดูล มีการต่อเทอร์มินอลเพื่อสำหรับวัดค่าแรงดันและกระแสที่ส่งออกมาจากมอเตอร์ไดรฟ์ว่ามีค่าถูกต้องหรือไม่ มีการต่อรีเลย์เพื่อเป็นเงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์ สามารถสรุปเป็นค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ต้องกำหนดเพื่อเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นใหม่ได้ดังรูปที่ 3.27

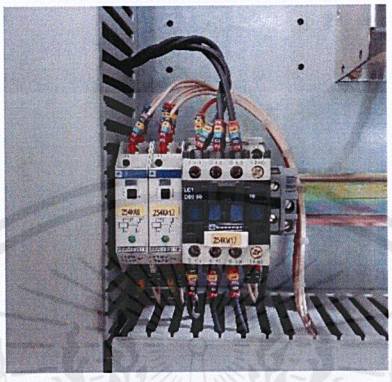
รูปที่ 3.27 ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดเพื่อเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นใหม่



รูปที่ 3.28 ไวริ่งไดอะแกรมมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พินหมายเลข 5และ6 คือพินที่รับค่าความเร็ว (-32,768 ถึง 32,767) มาจากพีแอลซี, พินหมายเลข 9 คือพินที่บอกค่าแรงดันที่ส่งให้มอเตอร์, พินหมายเลข 10 คือพินที่บอกค่ากระแสที่ส่งให้มอเตอร์ มีการต่อเทอร์มินอลเพื่อวัดค่าของแรงดันและกระแสที่มอเตอร์ไดรฟ์สั่ง, 254KA9 คือ Drive Enable รีเลย์, 254KA13 คือ Drive Fault Reset รีเลย์, 231KA10และ 231KA13 คือ เซฟตี้ของมอเตอร์ไดรฟ์ ส่วนพิน U พิน V และพินW คือพินที่เชื่อมต่อกับมอเตอร์รุ่น SF37 DT63L2

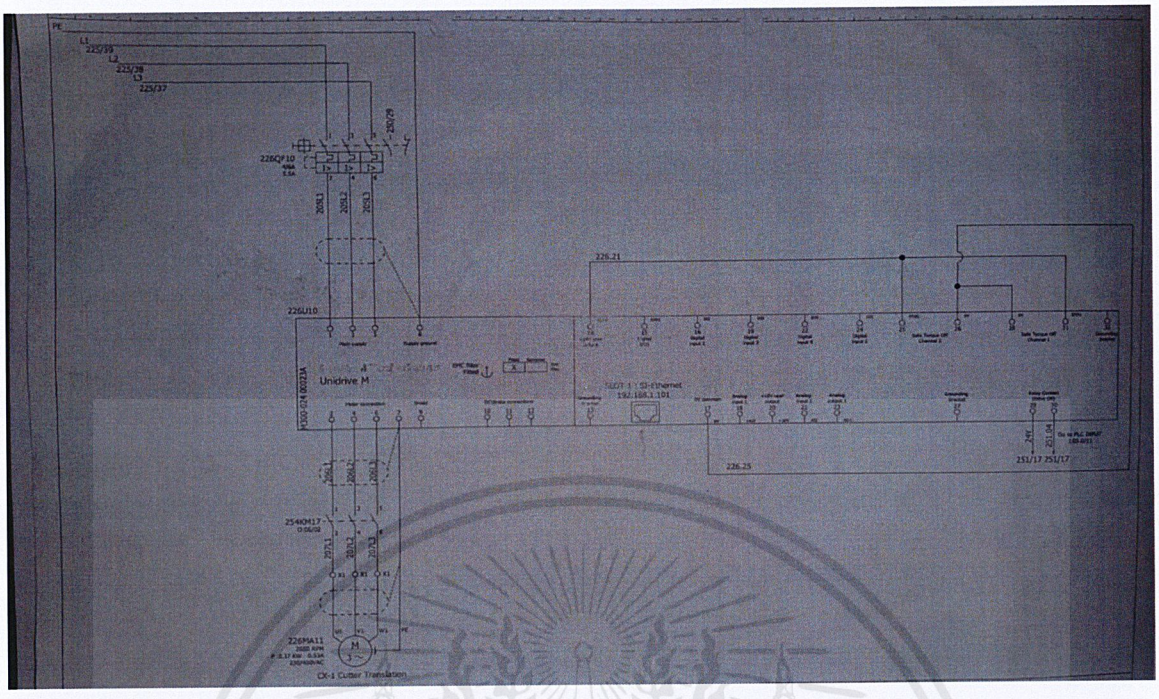


รูปที่ 3.29 รีเลย์ของมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่า

2) ฮาร์ดแวร์มอเตอร์ไดรฟ์รุ่นใหม่

มอเตอร์ไดรฟ์รุ่นใหม่จะเปลี่ยนรูปแบบการเชื่อมต่อจากแอนะล็อกมาเป็นอีเทอร์เน็ต ทำให้ลดการต่อสายไฟลงไปอย่างมาก โดยจะใช้เพียงสายแลนเส้นเดียวในการเชื่อมต่อกับพีแอลซี แต่จะมีการต่อ STO เพิ่มเข้ามา โดยจะมี STO ทั้งหมด 2 ตัว ต้องต่อเข้ากับไฟบวกและไฟลบ นอกจากนี้รีเลย์ถูกใส่เข้าไปในโปรแกรมพีแอลซี ทำให้สามารถถอดรีเลย์จริงออกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



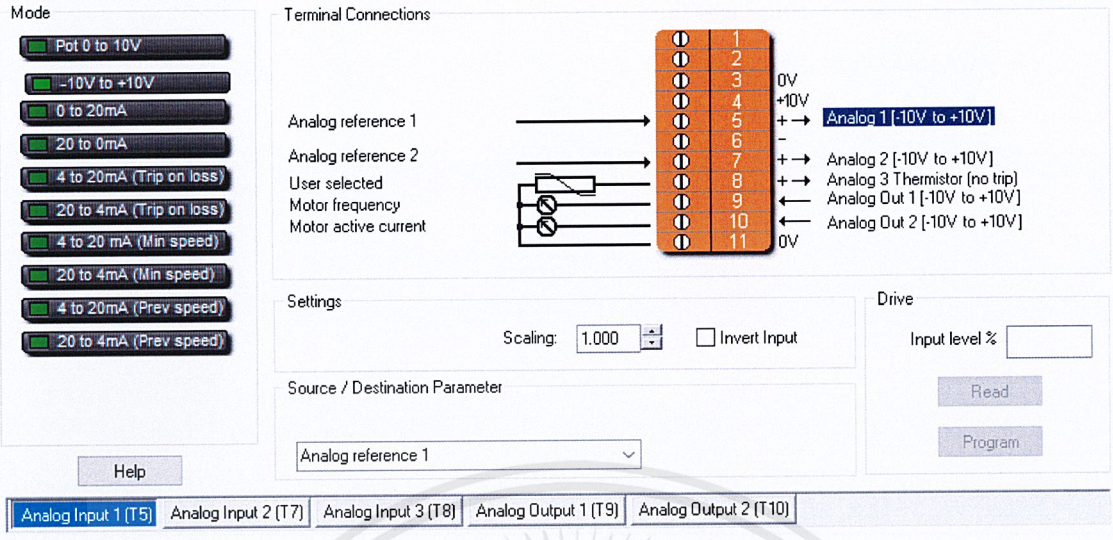
รูปที่ 3.30 ไวริ่งไดอะแกรมมอเตอร์ไดรฟ์รุ่นใหม่

3.4.2 ส่วนซอฟต์แวร์

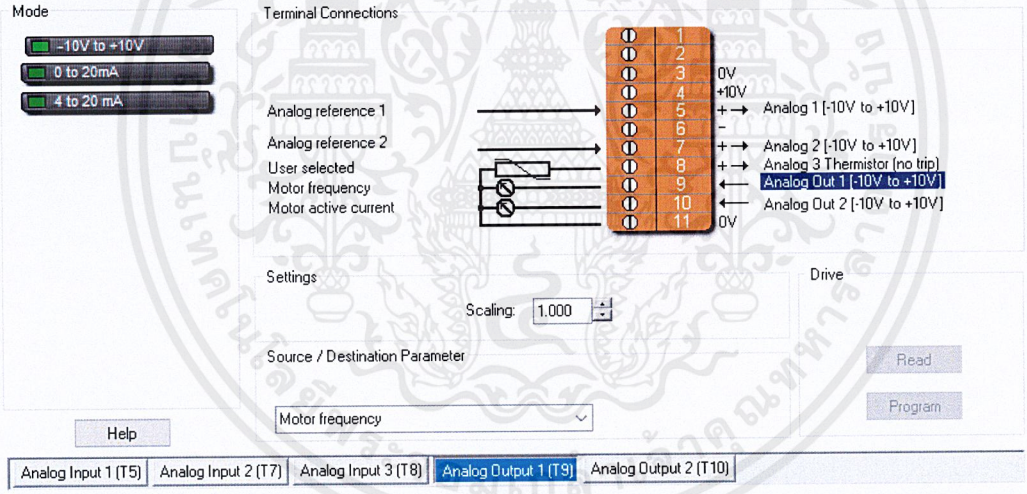
1) ซอฟต์แวร์มอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่า

มอเตอร์ไดรฟ์รุ่นเก่าจะสื่อสารกับพีแอลซีโดยใช้แอนะล็อกโมดูลรุ่น 1746-NIO4V ของ Allen Bradley ใช้การสื่อสารแบบแอนะล็อก แอนะล็อกโมดูลจะส่งสัญญาณเอาต์พุตในช่วง -10 โวลต์ถึง 10 โวลต์ให้กับมอเตอร์ไดรฟ์ ซึ่งในโปรแกรมพีแอลซีจะมีค่าเป็น -32,768 ถึง 32,767 ตามดาต้าชีทขอแอนะล็อก จากนั้นมอเตอร์ไดรฟ์จะสเกลค่าเป็น 0 ถึง 50 เฮิร์ตเพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยการสเกลค่าจะใช้โปรแกรม CTSoft จะตั้งค่าแอนะล็อกอินพุตเป็น -10 โวลต์ถึง 10 โวลต์ และตั้งแอนะล็อกเอาต์พุตเป็นความถี่ของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 การตั้งค่าแอนะล็อกอินพุตเป็นแรงดันโวลต์ในโปรแกรม CT Soft



รูปที่ 3.32 การตั้งค่าแอนะล็อกเอาต์พุตเป็นความถี่ของมอเตอร์ในโปรแกรม CT Soft

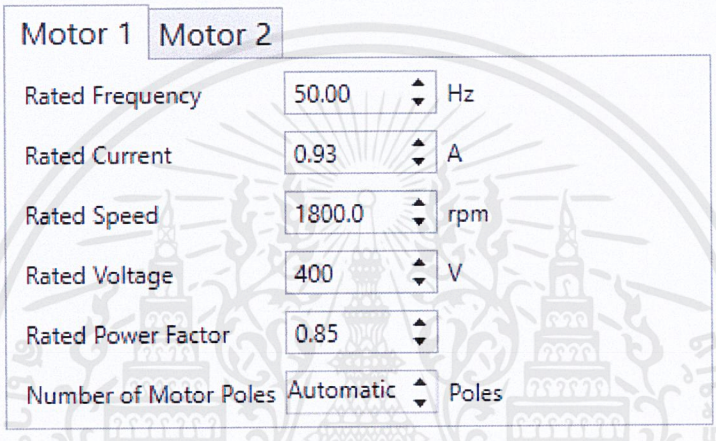
2) ซอฟต์แวร์มอเตอร์ไดรฟ์รุ่นใหม่

มอเตอร์ไดรฟ์รุ่นใหม่จะใช้โปรแกรม Connect ในการตั้งค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไดรฟ์ ต้องใส่รายละเอียดของมอเตอร์ที่จะควบคุมลงไป มีเปลี่ยนการเชื่อมต่อจากแอนะล็อกโมดูลเป็นอีเทอร์เน็ต ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีการตั้งค่าให้พีแอลซีและมอเตอร์ไดรฟ์สามารถส่งค่าพารามิเตอร์หากันได้โดยใช้ Macro File ในโปรแกรม Connect และบล็อค Add on ในโปรแกรม RSLogix 5000

Macro File คือการจัดรวบรวมค่าพารามิเตอร์เพื่อสื่อสารกับพีแอลซีโดยแบ่งเป็น Input Mapping Parameter 16 ตัว และ Output Mapping Parameter 16 ตัว ซึ่ง Input Mapping Parameter คือค่าพารามิเตอร์ที่ส่งจากมอเตอร์ไดรฟ์ไปพีแอลซี ส่วน Output Mapping Parameter คือพารามิเตอร์ที่ส่งจากพีแอลซีมามอเตอร์ไดรฟ์ โดยแต่ละตัวจะมีขนาด 4 ไบท์ เมื่อรวมกันจึงมีอินพุตและเอาต์พุตอย่างละ 64 ไบท์



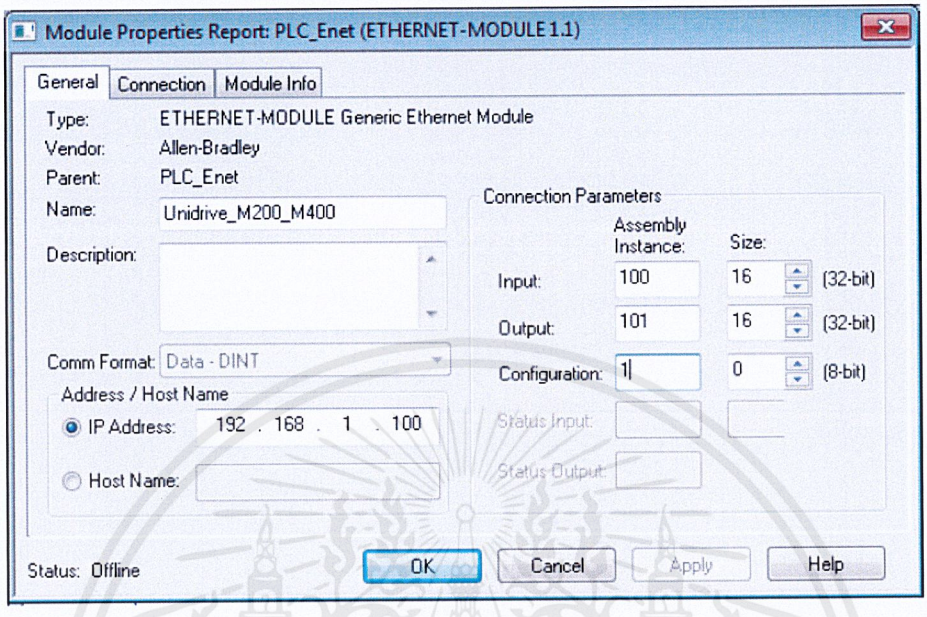
รูปที่ 3.33 การใส่รายละเอียดของมอเตอร์

Parameter	Caption	Categories	Value	Source/Destination
20.001	Enable EtherNet/IP		On	
20.020	Input assembly object size		64 Bytes	
20.021	Output assembly object size		64 Bytes	
21.001	Input mapping parameter 1		0.10.040	Status Word (Unidrive
21.002	Input mapping parameter 2		0.10.020	Trip 0 (Unidrive M300
21.003	Input mapping parameter 3		0.05.002	Output Voltage (Unid
21.004	Input mapping parameter 4		0.05.003	Output Power (Unidri
21.005	Input mapping parameter 5		0.02.001	Post Ramp Reference
21.006	Input mapping parameter 6		0.04.001	Current Magnitude (U
21.007	Input mapping parameter 7		0.04.019	Motor Protection Acc
21.008	Input mapping parameter 8		0.04.020	Percentage Load (Uni
21.009	Input mapping parameter 9		0.07.004	Stack Temperature (U
21.010	Input mapping parameter 10		0.07.005	Auxiliary Temperatur
21.011	Input mapping parameter 11		0.07.034	Inverter Temperature
21.012	Input mapping parameter 12		0.07.035	Percentage Of d.c. Lin
21.013	Input mapping parameter 13		0.07.036	Percentage Of Drive T

รูปที่ 3.34 Input Mapping Parameter/Output Mapping Parameter

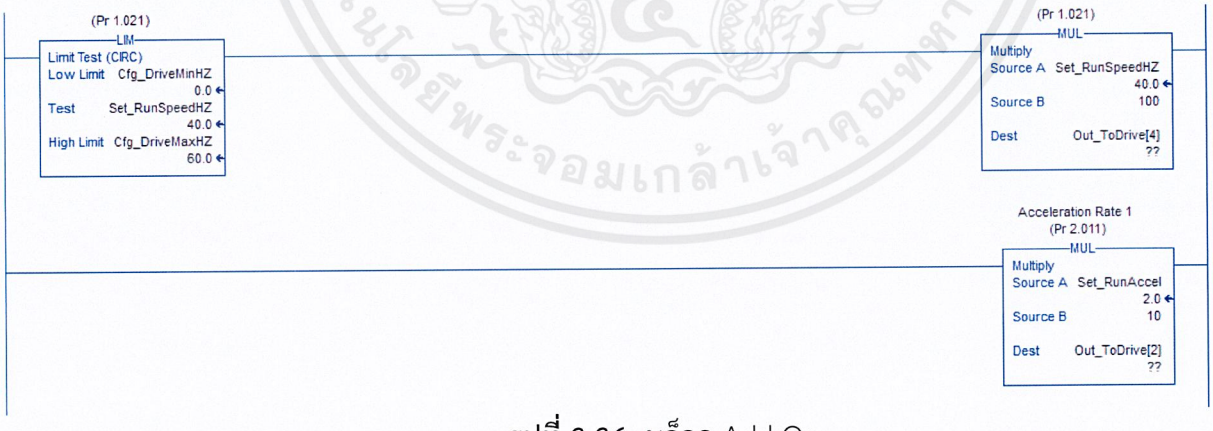
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในโปรแกรม RSLogix 5000 ต้องสร้างอีเทอร์เน็ตโมดูลขึ้นมา จากนั้นอิมพอร์ตบล็อค Add On เพื่อให้สื่อสารกับมอเตอร์ไดรฟ์ได้



รูปที่ 3.35 การสร้างอีเทอร์เน็ตโมดูล

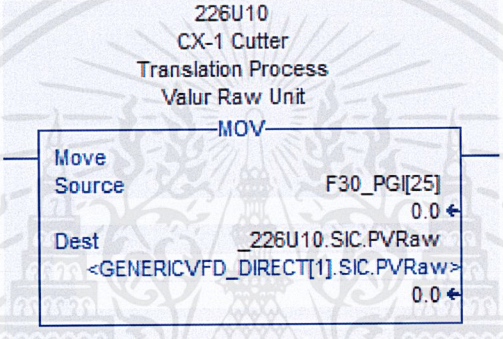
จากรูปที่ 3.35 จะเห็นว่ากำหนดให้ขนาดของอินพุตและเอาต์พุตมีขนาด 16 ซึ่งเป็นที่มาของว่าทำไม Input Mapping Parameter และ Output Mapping Parameter ในโปรแกรม Connect มี 16 ตัว



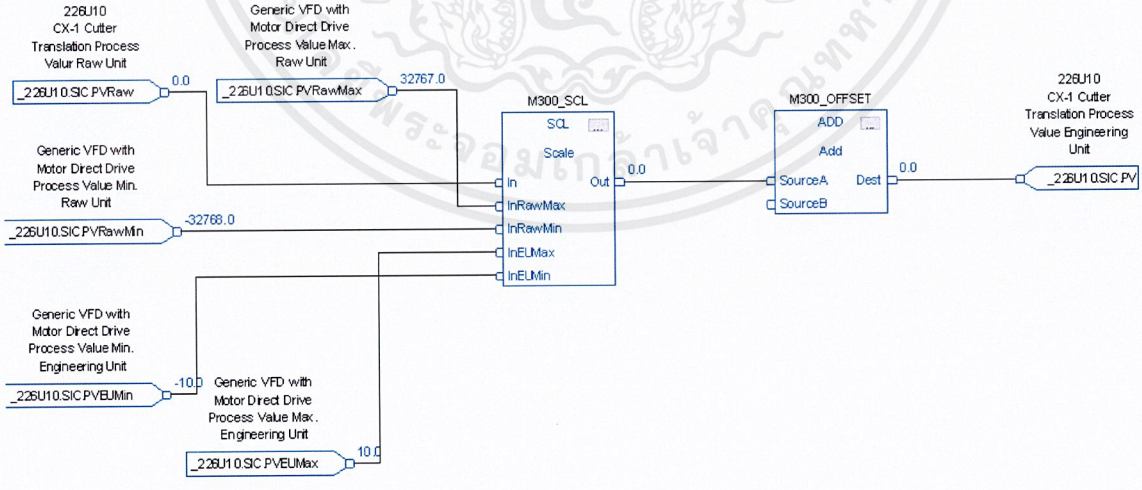
รูปที่ 3.36 บล็อค Add On

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.36 เป็นตัวอย่างของบล็อค Add on โดยแท็ก Out_ToDrive[4] คือแท็กที่จะส่งไปมอเตอร์ไดรฟ์เพื่อตั้งค่าความเร็วของมอเตอร์ โดยจะมีค่าตรงกับ Output Mapping Parameter ตัวที่ 5 ในโปรแกรม Connect โดยที่ลำดับเลขระหว่าง 2 โปรแกรมไม่ตรงกันเพราะแท็กในโปรแกรมพีแอลซีจะเริ่มที่ Out_ToDrive[0] เมื่อสร้างบล็อค Add on เรียบร้อยแล้ว มอเตอร์ไดรฟ์จะสามารถสื่อสารกับพีแอลซีโดยเข้าใจในพารามิเตอร์ที่ตรงกัน จากนั้นเขียนโปรแกรมรับค่าความเร็วมาจากโปรแกรมเก่า แล้วสเกลค่าแอนะล็อก -32,768 ถึง 32,767 ไปเป็น 0 ถึง 50 เฮิร์ต เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยจะแบ่งการสเกลเป็น 2 ช่วง คือ อินพุตสเกลและเอาต์พุตสเกล อินพุตสเกลจะเป็นการสเกล -32,768 ถึง 32,767 ไปเป็น -10 โวลต์ถึง 10 โวลต์ ส่วนเอาต์พุตสเกลจะเป็นการสเกล -10 โวลต์ถึง 10 โวลต์ ที่ได้จากอินพุตสเกลไปเป็น 0 ถึง 50 เฮิร์ต

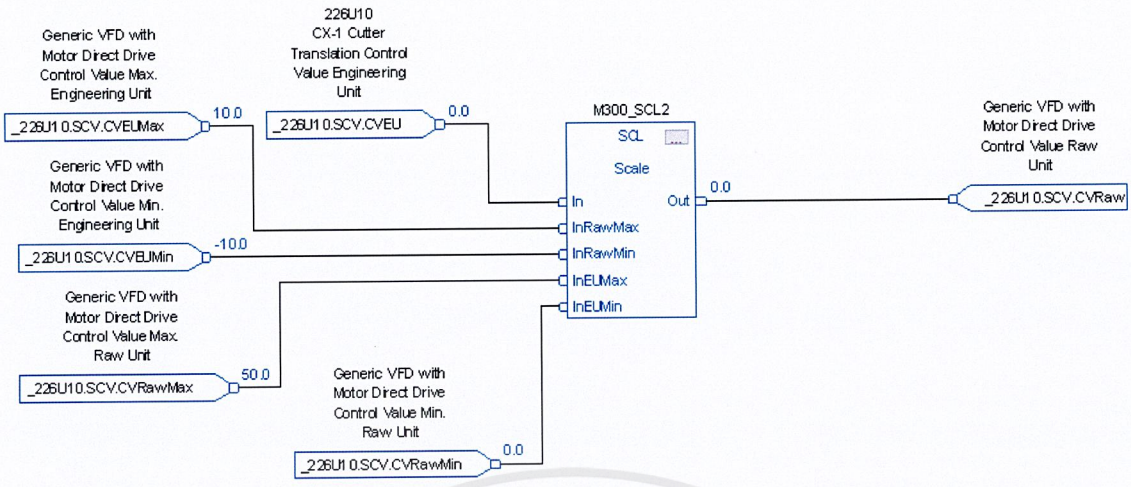


รูปที่ 3.37 บล็อครับค่าความเร็วของมอเตอร์ไดรฟ์



รูปที่ 3.38 อินพุตสเกล

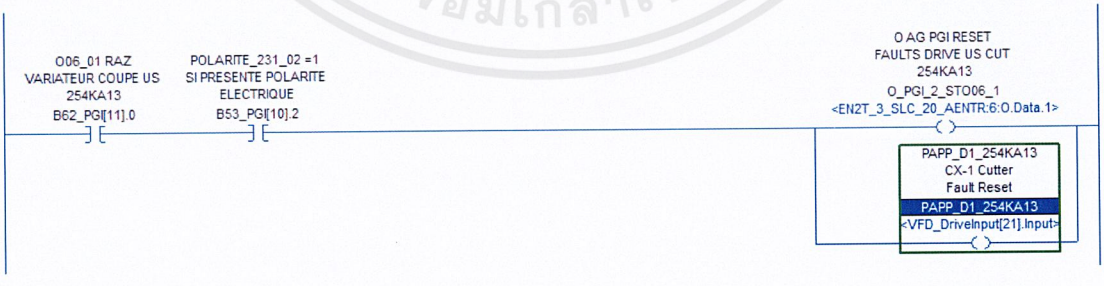
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.39 เอาต์พุตสเกล

ในการทำงานของไดรฟ์จะมีรีเลย์มาเป็นเงื่อนไขในการทำงานคือ Drive Enable รีเลย์และ Drive Fault Reset รีเลย์ โดยถ้า Drive Enable รีเลย์ ไม่ติด มอเตอร์ไดรฟ์จะไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งในมอเตอร์ไดรฟ์แบบใหม่จะใส่รีเลย์ไว้ในโปรแกรมพีแอลซีแทนและถอดรีเลย์จริงออก

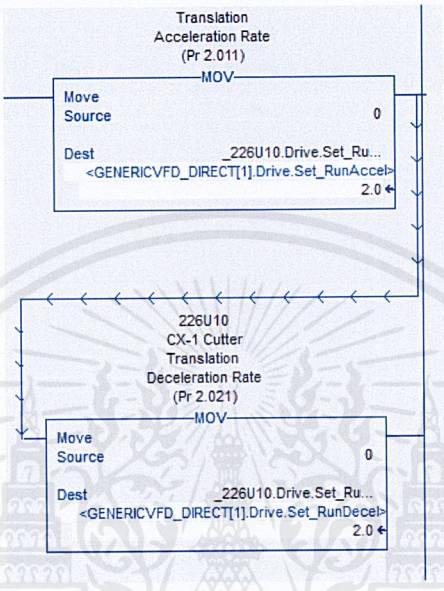
รูปที่ 3.40 Drive Enable รีเลย์ในโปรแกรมพีแอลซี



รูปที่ 3.41 Drive Fault Reset รีเลย์ในโปรแกรมพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเขียนโปรแกรมคำสั่งต่างๆเพิ่มเติมเช่น คำสั่งให้มอเตอร์ไดรฟ์ทำงานแบบหมุนไปด้านหน้าหรือหมุนถอยหลัง คำสั่งเช็คกระแสของมอเตอร์ไดรฟ์ไม่ให้เกินค่าที่กำหนดเป็นต้น เมื่อเขียนโปรแกรมเรียบร้อยแล้วนำไปดาวน์โหลดลงในพีแอลซีต่อไป



รูปที่ 3.42 คำสั่งอัตราการเร่งและอัตราหน่วงของมอเตอร์ไดรฟ์

ค่าอัตราเร่งและอัตราหน่วงของมอเตอร์ไดรฟ์ตัวใหม่จะอ้างอิงจากพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไดรฟ์ตัวเก่าซึ่งมีค่าประมาณศูนย์

Parameter	Description	Default	Memory	Units
00.00	**Parameter 0**	0	**0**	
00.01	**Minimum Speed Clamp**	0	**0.0**	Hz
00.02	**Maximum Speed Clamp**	50.0	**50.0**	Hz
00.03	**Accel 1 / Forward accel 1**	5.0	**0.5**	s/100Hz
00.04	**Decel 1 / Forward decel 1**	10.0	**0.2**	s/100 Hz
00.05	**Reference selector**	0	**1**	
00.06	**Symetrical current limit**	150.0	**150.0**	%
00.07	**Voltage mode select**	Ur_I	**Ur_I**	
00.08	**Voltage boost**	3.0	**3.0**	%
00.09	**Dynamic V-F select**	0	**0**	
00.10	Motor rpm	0	**0**	RPM
00.11	Pre-Ramp Speed reference	0.0	**0.0**	Hz
00.12	Post-ramp reference	0.0	**0.0**	Hz
00.13	Motor active current	0.00	**0.00**	A
00.14	**Jog reference**	1.5	**1.5**	Hz

รูปที่ 3.43 พารามิเตอร์มอเตอร์ไดรฟ์ตัวเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ผลการดำเนินงานของการเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 ไปเป็นรุ่น S30 6011-BA การเปลี่ยนเซฟตี้โมดูลจากรุ่น LCU-X เป็น รุ่นMSR127TP และการเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์จากรุ่น Unidrive Classic 1401 เป็นรุ่น Unidrive M 300 แล้วทำการทดสอบว่าอุปกรณ์ทั้งหมดสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง จากนั้นเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์เก่าตามเดิม เพื่อรอหน่วยงานด้านความปลอดภัยของบริษัทมาทำการตรวจสอบอีกรอบ ทำให้ไม่มีการทำ FAT ในโครงงานนี้

4.2 ผลการดำเนินงานการเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูล

จากการเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 ไปเป็นรุ่น S30 6011-BA และเซฟตี้โมดูลจากรุ่น LCU-X เป็นรุ่น MSR127TP มีผลการดำเนินงานดังนี้

4.2.1 การติดตั้งเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S30 6011-BAและ เซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP

รูปที่ 4.1 เซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น S30 6011-BA ที่ด้านซ้ายของเครื่องจักร BMTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 เซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP ในตู้ไฟฟ้าเครื่องจักร BMTC

4.2.2 ผลการทดสอบการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์ และเซฟตี้โมดูล

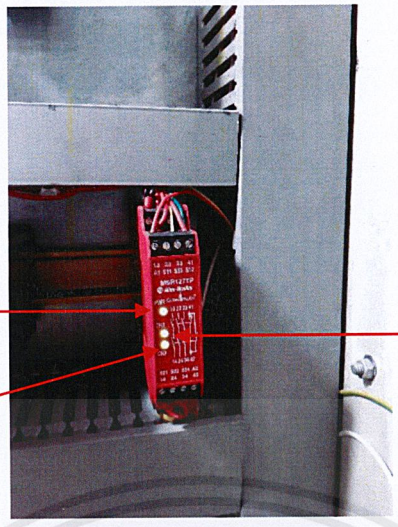
หลังจากการติดตั้งจะทำการทดสอบเพื่อความมั่นใจว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องโดยการสั่งให้เครื่องจักรทำงานปกติ และนำสิ่งกีดขวางเข้าไปในพื้นที่การตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์ ซึ่งมีผลดังนี้

- **เมื่อเครื่องจักรทำงานปกติ**

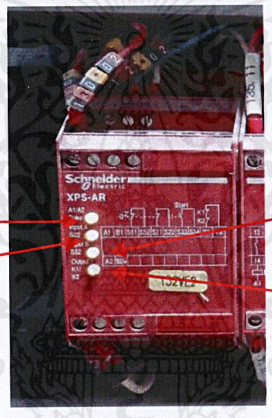
สถานะการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์

(ก) การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP



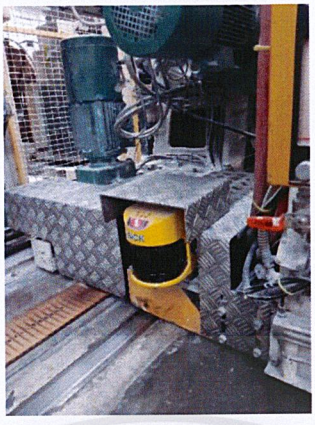
(ค) การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440

รูปที่ 4.3 การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลเมื่อเครื่องจักรทำงานปกติ

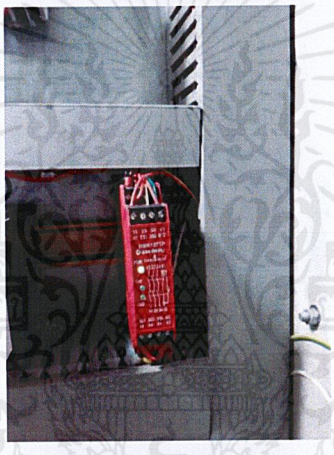
รูปที่ 4.3 แสดงไฟสถานะของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลเมื่อเครื่องจักรทำงานปกติ โดยไฟสถานะบนหัวของเซฟตี้สแกนเนอร์จะเป็นสีเขียว สัญญาณเอาต์พุตจะถูกส่งมายังเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP สังเกตจากไฟสถานะ 2 ดวงล่างบนเซฟตี้โมดูล เอาต์พุตของเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP จะถูกส่งมายังเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440เอาต์พุตของเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440 จะส่งไปยังพีแอลซี สังเกตจากไฟดวงล่างสุดบนโมดูล เครื่องจักรจะทำงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

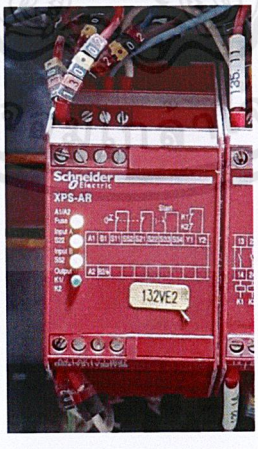
- **เมื่อมีสิ่งกีกขวางในพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์**



(ก) การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์



(ข) การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP



(ค) การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลเมื่อมีสิ่งกีดขวางในพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์

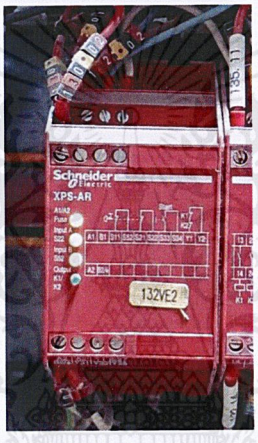
รูปที่ 4.4 แสดงไฟสถานะของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลเมื่อเดินเข้าไปในพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์ โดยไฟสถานะบนหัวของเซฟตี้สแกนเนอร์จะเปลี่ยนเป็นสีแดง สัญญาณเอาต์พุตจะไม่ถูกส่งมายังเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP สังเกตจากไฟสถานะ 2 ดวงล่างบนเซฟตี้โมดูลจะดับ เอาต์พุตของเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP จะไม่ส่งมายังเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440เช่นกัน เอาต์พุตของเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440 จะไม่ส่งไปยังพีแอลซี ทำให้เครื่องจักรจะหยุดทำงาน

- **เมื่อสิ่งกีดขวางออกจากพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์**

(ก) การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP



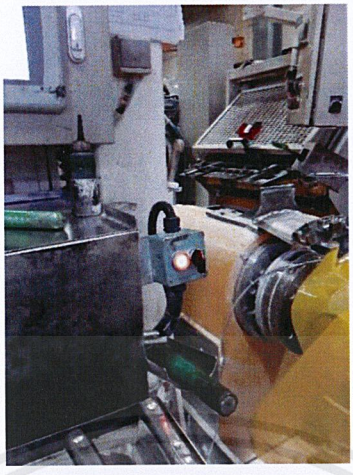
(ค) การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440

รูปที่ 4.5 การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลเมื่อสิ่งกีดขวางออกจากพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์

รูปที่ 4.5 แสดงไฟสถานะของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลเมื่อเมื่อเดินออกจากพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์ โดยไฟสถานะบนหัวของเซฟตี้สแกนเนอร์จะกลับมาเป็นสีเขียว สัญญาณเอาต์พุตจะถูกส่งมายังเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP สังเกตจากไฟสถานะ 2 ดวงล่างบนเซฟตี้โมดูลจะติด เอาต์พุตของเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP จะส่งมายังเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440 แต่เอาต์พุตของเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440 จะไม่ส่งไปยังพีแอลซี ทำให้เครื่องจักรจะยังคงหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **เมื่อกดปุ่มรีเซ็ต**



(ก) ปุ่มรีเซ็ต

(ข) การแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440

รูปที่ 4.6 ปุ่มรีเซ็ตและการแสดงสถานะการทำงานของเซฟตี้โมดูลเมื่อกดปุ่มรีเซ็ต

รูปที่ 4.6 แสดงไฟสถานะของเซฟตี้โมดูลเมื่อกดปุ่มรีเซ็ต เอาต์พุตของเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440 จะส่งไปยังพีแอลซีอีกครั้ง เครื่องจักรจะกลับมาทำงาน เครื่องจักรมีฟังก์ชันรีเซ็ตเพื่อป้องกันเครื่องจักรทำงานทันทีเมื่อเดินออกจากพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์ ซึ่งอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ การทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูลสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การทดสอบการทำงานของเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูล

รายการ	ไฟสถานะของเซฟตี้สแกนเนอร์	ไฟสถานะของเซฟตี้โมดูลรุ่น MSR127TP	ไฟสถานะของเซฟตี้โมดูลรุ่น AP-3440	เครื่องจักร BMTC
เมื่อเครื่องจักรทำงานปกติ	สีเขียว	ติด	ติด	ทำงาน
เมื่อมีสิ่งกีกขวางในพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์	สีแดง	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ทำงาน
เมื่อสิ่งกีกขวางออกจากพื้นที่ตรวจจับของเซฟตี้สแกนเนอร์	สีเขียว	ติด	ไม่ติด	ไม่ทำงาน
เมื่อกดปุ่มรีเซ็ต	สีเขียว	ติด	ติด	ทำงาน

4.3 ผลการดำเนินงานการเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์

จากการเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive Classic 1401 เป็นรุ่น Unidrive M 300 มีผลการดำเนินงานดังนี้

4.3.1 การติดตั้งมอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300

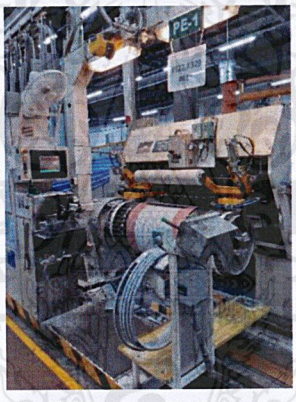
รูปที่ 4.7 มอเตอร์ไดรฟ์รุ่น Unidrive M 300 ในตู้ไฟฟ้าโพส CX1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดสอบการทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์

หลังจากการติดตั้งจะทำการทดสอบเพื่อความมั่นใจว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องโดยการสั่งให้เครื่องจักรทำงานปกติดังนี้

(ก) ถ้าต่อมอเตอร์ไดรฟ์ถูกต้อง หน้าจอของมอเตอร์ไดรฟ์จะขึ้นคำว่า rdy หมายถึง ready

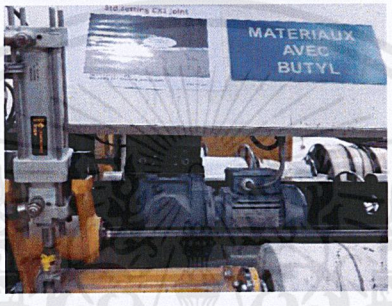


(ข) เครื่องจักร BMTC เคลื่อนไปหน้าโพส CX1

(ค) โพส CX1 ปูยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ง) มอเตอร์ไดรฟ์สั่งให้มอเตอร์หมุน



(จ) มอเตอร์หมุนเพื่อตัดยาง

รูปที่ 4.8 ผลการทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์ในโพสCX1ของเครื่องจักร EV2

รูปที่ 4.8 แสดงการทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์ในเครื่องจักร EV2 โดยอันดับแรกเครื่องจักร BMTC จะเคลื่อนไปอยู่หน้าโพส CX1 จากนั้นโพส CX1 จะปูยางลงบนดรัม และมอเตอร์ไดรฟ์จะสั่งมอเตอร์ให้หมุนเพื่อตัดยาง โดยตัวเลขบนหน้าจอมอเตอร์ไดรฟ์คือความถี่ที่สั่งให้มอเตอร์หมุน ถ้ามอเตอร์หมุนแสดงว่าไดรฟ์ทำงานได้อย่างถูกต้อง การทดสอบทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดสอบทำงานของมอเตอร์ไดรฟ์

รายการ	สถานะของมอเตอร์ไดรฟ์	สถานะของมอเตอร์
เครื่องจักร BMTC เคลื่อนไปหน้าโพส CX1	Ready	ไม่หมุน
โพส CX1 ปูยาง	Ready	ไม่หมุน
มอเตอร์ไดรฟ์สั่งให้มอเตอร์หมุน	Run	หมุน
มอเตอร์หมุนตัดยางเรียบร้อย	Ready	ไม่หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง การสรุปผลการดำเนินงานของการเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 ไปเป็นรุ่น S30 6011-BA การเปลี่ยนเซฟตี้โมดูลจากรุ่น LCU-X เป็น รุ่นMSR127TP การเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์จากรุ่น Unidrive Classic 1401 เป็นรุ่น Unidrive M 300 และข้อเสนอแนะ

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานของการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เลิกผลิตแล้วในเครื่องจักร EV2 สำหรับการผลิตยางรถบรรทุก สามารถสรุปได้ดังนี้ การเปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์รุ่น PLS 101-312 ไปเป็นรุ่น S30 6011-BA การเปลี่ยนเซฟตี้โมดูลจากรุ่น LCU-X เป็น รุ่น MSR127TP และการเปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์จากรุ่น Unidrive Classic 1401 เป็นรุ่น Unidrive M 300 เสร็จสิ้นในวันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 โดยผลจากการติดตั้ง อุปกรณ์ทุกตัวสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องดังนี้ เซฟตี้สแกนเนอร์สามารถตรวจจับได้เมื่อมีวัตถุเข้าและออกในพื้นที่การตรวจจับแล้วหยุดการส่งสัญญาณไปเซฟตี้โมดูลเมื่อมีวัตถุเข้ามาและส่งสัญญาณเมื่อวัตถุออกไป เซฟตี้โมดูลสามารถรับสัญญาณจากเซฟตี้สแกนเนอร์และส่งต่อไปเซฟตี้โมดูลตัวต่อไปได้เพื่อสั่งให้เครื่องจักร BMTC ทำงานได้ มอเตอร์ไดรฟ์สามารถทำงานตามโปรแกรมพีแอลซีเพื่อส่งความถี่สั่งให้มอเตอร์หมุนเพื่อตัดยางได้ และจากการเปลี่ยนอุปกรณ์เป็นรุ่นใหม่นี้ทำให้ป้องกันความเสียหายจากการหยุดเครื่องจักรเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์จากรุ่นเก่าเป็นรุ่นใหม่ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ความเสียหายจากการหยุดเครื่องจักรเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์รุ่นเก่าเป็นรุ่นใหม่

ความเสียหาย	เปลี่ยนเซฟตี้สแกนเนอร์และเซฟตี้โมดูล	เปลี่ยนมอเตอร์ไดรฟ์
เวลาที่หยุดเครื่องจักรเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ (ชั่วโมง)	5	8
สูญเสียการผลิตยาง (เส้น)	72	116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

การเปลี่ยนอุปกรณ์ (Migrate) ภายในเครื่องจักรจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานของอุปกรณ์นั้นๆ มีความรู้เกี่ยวกับระบบการควบคุม (Control) พื้นฐานเพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานของระบบควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ และนอกจากนี้ควรมีความรู้เกี่ยวกับการอ่านและออกแบบภาพไฟฟ้า รูปแบบการทำงานของอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทจะมีการทำงานที่แตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษารูปแบบการทำงาน รูปแบบการต่อของแต่ละอุปกรณ์ให้เข้าใจก่อนจะทำการเปลี่ยนอุปกรณ์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ‘กระบวนการผลิต – ยางรถยนต์’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 5 สิงหาคม 2562, จาก https://sites.google.com/site/yangrthynt/02-krabwnkar-phlit

[2] ‘โครงสร้างยางรถยนต์’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 6 สิงหาคม 2562, จาก http://www.auto2drive.com

[3] ‘Tire Component’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 6 สิงหาคม 2562, จาก https://www.haulnride.com/wp-content/uploads/2018/01/Tyre-Shoulder.jpeg

[4] ‘Proximity Laser Scanner’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก http://sensorsincorporated.com/uploaded/Doc/PLS%20Manual.pdf

[5] ‘PLS 101-312 Datasheet’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcTFaFvVWLPJXgcY7HxhK9tYl6bwFoZfBQ3OfpX4vl4oSYCFe1v7

[6] ‘สาย RS-232’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://encrypted tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcRp5n06NVKqZme6t0JhTssCzUzBZnw4_r2ftY82_7QKeGz_uk2Q

[7] ‘Safety Scanner S3000 Datasheet’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://cdn.sick.com/media/docs/3/63/863/Operating_instructions_S3000_Safety_Laser_scanner_en_IM0011863.PDF

[8] ‘เทอร์มินอลสำหรับต่อเซฟตี้สแกนเนอร์ รุ่น S3000’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://media.rs-online.com/t_large/F0271495-01.jpg

[9] ‘หลักการป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าของ Protection Relay’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://mall.factomart.com/structure-and-principle-of-protection-relay/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] 'LCU-X Datasheet' [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://cdn.sick.com/media/docs/8/08/008/Operating_instructions_LCU_X_Safety_Interface_da_de_en_fr_fi_es_el_it_nl_no_pt_sv_IM0011008.PDF

[11] 'MSR 127TP Datasheet' [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/440r-in060_-mu-p.pdf

[12] 'MSR 127TP' [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcTfne91ASN-o-CExI4kKs3VhG58R5lgfoHiKxB6E4w2av4-I4x4

[13] 'AC Drive Working Principle' [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก http://www.acdrive.org/ac-drive-working-principle.html

[14] 'การสตาร์ทสต๊อปและควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วย VFD' [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://mall.factomart.com/guide-to-motor-control/vfd-variable-frequency-drive-ac-drive-inverter/

[15] 'Unidrive Classic Datasheet' [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก http://www.acontrol.com.pl/uploads/pdf/instrukcje/archiwum/Unidrive-Classic-user-guide.pdf

[16] 'Unidrive M300 Datasheet' [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://www.nidec-netherlands.nl/media/2068-frequentieregelaars-unidrive-m300-control-user-guide-en-iss3-0478-0350-03.pdf

[17] 'Unidrive M702 Datasheet' [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก https://acim.nidec.com/drives/control-techniques/-/media/controltechniques/documents/en-en/unidrive-m700-brochure-download.ashx?la=en

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[18] ‘การแบ่งประเภทมอเตอร์’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2562, จาก http://www.retc.ac.th/v3/kru_pitoon/1012560.pdf

[19] ‘PLC Programming | Programmable Logic Controller Basics’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 17 กันยายน 2562, จาก https://www.galco.com/comp/prod/plc.htm

[20] ‘PLC’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 17 กันยายน 2562, จาก https://encrypted-tbn0.gstatic.c om/images?q=tbn%3AANd9GcS buUvAFrYLbftNKQulCluULVTbJyPq7u-_gUWQmgUy4aBZWHCf

[21] ‘SLC500 Datasheet’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 17 กันยายน 2562, จาก https://docs.rs-online.com/671b/0900766b80dfac7f.pdf

[22] ‘การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 17 กันยายน 2562, จาก https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q= tbn%3AAN d9GcQw67YJ8ZMidslKUmj_nnWG x8jcAi7ehGKi0Dcs4bYNeU0tr5zP

[23] ‘การ์ดพีแอลซีรุ่น 1746-IB32’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 17 กันยายน 2562, จาก https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcSYrfAIb WH0_EuQI627yr0jOv-uHzGsAd7tn4Hr2TJTGjttsuZh

[24] ‘1756-EN2T Datasheet’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 17 กันยายน 2562, จาก https://www.nhp.com.au/files/editor_upload/File/Product-Tech-Data-Sheets/1756EN2T.pdf

[25] ‘สายแบบ RS-232/USB’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 17 กันยายน 2562, จาก https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQMLt2pMN4 FXE1WJJlCHjURAO7hTSEyD3S_py-XSgOD32vc_CCX

[26] ‘สายแบบ DSL-8U04G02M025KM1’ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 17 กันยายน 2562, จาก https://www.ellis.co.nz/shop/automation-and-safety/sensors/industrial-safety/dsl-8u04g02m025km1-connection-cable/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้