



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงระบบไฟฟ้า สายการผลิตที่ 1 (เฟสที่ 3)  
Electrical System Revamp Line 1 (Phase 3)

นายวุฒิภัทร อนุราชัน

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559



T148591

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงระบบไฟฟ้า สายการผลิตที่ 1 (เฟสที่ 3)  
Electrical System Revamp Line 1 (Phase 3)

นายวุฒิภัทร อนุราชัน

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....148591  
วันเดือนปี..... 6 มิ.ย. 2560

b. 12872246  
l. ....

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การปรับปรุงระบบไฟฟ้าในสายการผลิตที่ 1 (เฟสที่ 3)

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายวุฒิชัย อุนราชนัน

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายยุทธนา วงศ์เรือนแก้ว

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท พีเอส เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด

### บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษานี้แนะนำเสนอการปรับปรุงระบบไฟฟ้าของกระบวนการผลิตบอร์ดยิปซัมในสายการผลิตที่ 1 (เฟสที่ 3) เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและตู้คอนโทรลที่ใช้อยู่เดิมล้าสมัย ทำให้หาอุปกรณ์ทดแทนได้ยาก จึงต้องการให้ออกแบบระบบไฟฟ้าและตู้คอนโทรลใหม่ ให้สามารถทำงานร่วมกับมอเตอร์และเซนเซอร์ต่างๆ ที่มีอยู่เดิมภายในกระบวนการผลิตได้ ในช่วงระยะเวลาสหกิจศึกษาได้ทำการออกแบบตู้คอนโทรลทั้งหมด 16 ตู้ ประกอบด้วยตู้คอนโทรลมอเตอร์ (MCC) จำนวน 15 ตู้ และตู้แผงควบคุมการทำงาน (OP) จำนวน 1 ตู้ ผลการออกแบบได้รับการตรวจสอบและอนุมัติจากลูกค้าแล้ว และส่งได้ต่อให้ช่างเพื่อดำเนินการต่อไป

**Cooperative Title:** Electrical System Revamp Line 1 (Phase 3)

**Student intern Name:** Mr.Wutipat Anurachan

**Faculty:** Engineering      **Department:** Instrumentation and Control Engineering

**Advisor Name:** Assoc. Prof. Dr. Kaset Sirisantamrid

**Mentor Name:** Mr.Yuttana Wongrueankeaw

**Company:** PS Engineering Consultant Co., Ltd.

## ABSTRACT

This cooperative educational report presents electrical system revamping of gypsum board manufacturing process in Line 1 (Phase 3). Due to most existing electrical control and devices are obsoleted and troublesome to find replaced devices. The company assigned to design electrical system and new control cabinet to be worked with existing motors and sensors in production process. In cooperative educational period, 16 control cabinets are designed, consist of 15 motor control center cabinets (MCC) and one operation control panel cabinet (OP). The results of design are checked and approved by customer and already send to technician to make all cabinets.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีอันเนื่องมาจากผู้จัดทำได้รับความสนับสนุนจาก บริษัท พีเอส เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด ที่ได้ให้โอกาสที่ดี เปิดโอกาสให้ผู้จัดทำได้เข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา ได้ให้ศึกษาและเรียนรู้การทำงานในสถานประกอบการจริง ได้รับทั้งความรู้และมีมิตรภาพจากบุคลากรภายในบริษัท โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณยุทธนา วงศ์เรือนแก้ว (วิศวกรผู้ควบคุมโครงการ) พี่ที่ปรึกษาคอยดูแลเอาใจใส่และสอนงานต่างๆให้ผู้จัดทำตั้งแต่เริ่มต้น คุณธนพัฒน์ เอี่ยมสะอาด (วิศวกรภายในบริษัท) และคุณสัมฤทธิ์ สิงขร (วิศวกรภายในบริษัท) พี่ที่ปรึกษาให้ความรู้ทางด้านฮาร์ดแวร์ในการออกแบบตู้คอนโทรล ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

นายวุฒิภัทร อนุราชัน

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
<b>บทที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบตู้คอนโทรล.....</b>	<b>5</b>
2.1 กระบวนการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงงาน.....	5
2.2 การควบคุมมอเตอร์ (Motor Control).....	7
2.2.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า (Motor Starting).....	7
2.2.2 อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์.....	9
2.3 ระบบรักษาความปลอดภัย (Safety System).....	19
2.3.1 เซฟตี้รีเลย์ (Safety Relay).....	19
2.3.2 เครื่องป้องกันไฟกระชอก (Surge Protection).....	20
2.3.3 รีเลย์ตรวจวัดแรงดัน (Monitoring Relay).....	23
2.3.4 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker).....	24
2.4 สายไฟฟ้า (Wire).....	28
2.4.1 ชนิดของสายไฟฟ้า.....	28

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 การใช้งานสายไฟฟ้า.....	32
<b>บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบตู้คอนโทรล.....</b>	<b>37</b>
3.1 กล่าวนำ.....	37
3.2 รวบรวมเอกสารและรายละเอียดความต้องการของลูกค้า.....	37
3.2.1 รายละเอียดสเปคของมอเตอร์ภายในสายการผลิต.....	37
3.2.2 รายละเอียดของเซนเซอร์มีอยู่ภายในสายการผลิต.....	38
3.2.3 ตัวอย่างขนาดตู้คอนโทรลของเดิม.....	38
3.2.4 จำนวนมอเตอร์ในสายการผลิต.....	39
3.2.5 รายละเอียดอื่นๆของตู้คอนโทรล.....	42
3.3 ออกแบบ OVERVIEW ระบบไฟฟ้าในโรงงาน.....	42
3.4 คำนวณหา Power Consumption ในแต่ละตู้.....	46
3.5 ออกแบบ Panel and Layout.....	49
3.6 ทำเอกสาร Instrument IO List.....	56
3.7 ออกแบบ Power and Wiring Diagram.....	62
3.8 ส่งแบบให้ลูกค้าตรวจเช็คเพื่ออนุมัติ.....	81
<b>บทที่ 4 ผลการออกแบบตู้คอนโทรล.....</b>	<b>81</b>
4.1 กล่าวนำ.....	81
4.2 ตู้คอนโทรลที่ได้รับการออกแบบ.....	81
4.2.1 ตู้ MCC (Motor Control Center).....	81
4.2.2 ตู้ OP1 (Operation Panel 1).....	83
4.3 เอกสารที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ.....	84
4.3.1 Typical of Power Distribution.....	84
4.3.2 Power Consumption.....	86
4.3.3 Panel and Layout.....	86

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.4 Instrument IO List.....	93
4.3.5 Power and Wiring Diagram .....	94
4.4 ภาพของตู้จริงที่ได้ทำตามทีออกแบบไว้.....	95
<b>บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>102</b>
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน .....	102
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	102
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	102
เอกสารอ้างอิง .....	103
ประวัติผู้จัดทำ.....	104

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน .....	4
ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าที่ผลิตตาม มอก. 11-2531 .....	32
ตารางที่ 2.2 ขนาดกระแสไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี ตาม มอก. 11-2534 .....	35
ตารางที่ 2.3 ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้ง.....	36
ตารางที่ 2.4 ค่าตัวคูณคงที่เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (สูงหรือต่ำกว่าตารางที่ 2.2) .....	36

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ตำแหน่งตู้ OP และ MCC .....	5
รูปที่ 2.2 พื้นที่การทำงาน และจำนวนเซนเซอร์.....	6
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างตู้ OP1 ของเดิมของโรงงาน.....	6
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างตู้ OP2 ของเดิมของโรงงาน.....	6
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างตู้ OP8 ของเดิมของโรงงาน.....	7
รูปที่ 2.6 วงจรกำลังและการสตาร์ทแบบ Direct On Line .....	7
รูปที่ 2.7 วงจรกำลังและการสตาร์ทแบบ Star-Delta.....	8
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างมอเตอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ .....	9
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างแมกเนติกคอนแทคเตอร์ .....	10
รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบที่สำคัญของแมกเนติกคอนแทคเตอร์.....	10
รูปที่ 2.11 หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์.....	11
รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบที่สำคัญของโอเวอร์โวลต์รีเลย์.....	12
รูปที่ 2.13 หลักการทำงานของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ (Overload Relays).....	12
รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์โอเวอร์โวลต์รีเลย์แบบธรรมดา .....	13
รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์โอเวอร์โวลต์รีเลย์แบบมี Reset .....	13
รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์โอเวอร์โวลต์รีเลย์แบบมี Reset เมื่อไฟเกิน .....	13
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างโอเวอร์โวลต์รีเลย์แบบมี Reset ยี่ห้อ Schneider .....	14
รูปที่ 2.18 อินเวอร์เตอร์ยี่ห้อ Siemens.....	15
รูปที่ 2.19 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์.....	15
รูปที่ 2.20 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (Inverter).....	16
รูปที่ 2.21 การเชื่อมต่อสัญญาณของ PLC ภายในสายการผลิตที่ปรับปรุง .....	17
รูปที่ 2.22 วงจรเบรกคืนพลังงาน .....	18
รูปที่ 2.23 ตัวต้านทานเบรก (Braking Resistor) ยี่ห้อ Siemens.....	18

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.24 เซฟตี้รีเลย์ ยี่ห้อ Pliz.....	20
รูปที่ 2.25 เครื่องป้องกันไฟกระชอก ยี่ห้อ Phoenix Contact.....	20
รูปที่ 2.26 รีเลย์ตรวจวัดแรงดัน ยี่ห้อ Phoenix Contact.....	24
รูปที่ 2.27 โมลเนสเซอร์กิตเบรกเกอร์ ยี่ห้อ Schneider.....	25
รูปที่ 2.28 การทำงานแบบ Thermal unit ของ MCCB.....	26
รูปที่ 2.29 การทำงานแบบ Magnetic unit ของ MCCB.....	26
รูปที่ 2.30 Diagram การทำงานของ Solid State Trip ของ MCCB.....	27
รูปที่ 2.31 แอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ในห้องตลาด.....	27
รูปที่ 2.32 มินิเอเจอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ ยี่ห้อ Schneider.....	28
รูปที่ 2.33 สีของฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า ใค้ดสีมาตรฐานตาม มอก.11-2553.....	29
รูปที่ 2.34 ตัวอย่างสาย VAF.....	30
รูปที่ 2.35 ตัวอย่างสาย VFF.....	30
รูปที่ 2.36 ตัวอย่างสาย VFF.....	30
รูปที่ 2.37 ตัวอย่างสาย THW.....	31
รูปที่ 2.38 ตัวอย่างสาย VCT 4 แกน.....	31
รูปที่ 2.39 ตัวอย่างสาย VCT 4 แกน มีสายดิน(G).....	31
รูปที่ 2.40 ตัวอย่างสาย NYY 4 แกน.....	31
รูปที่ 2.41 ตัวอย่างสาย NYY มีสายดิน.....	32
รูปที่ 3.1 เอกสารรายละเอียดของมอเตอร์ที่มีอยู่ภายในสายการผลิต.....	37
รูปที่ 3.2 เอกสารรายละเอียดของเซนเซอร์ที่มีอยู่ภายในสายการผลิต.....	38
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างตู้ OP1 ของเดิม.....	38
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างตู้ OP2 ของเดิม.....	39
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างตู้ OP8 ของเดิม.....	39

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.6 มอเตอร์ในโซน Kiln chain .....	40
รูปที่ 3.7 มอเตอร์ในโซน Pull out .....	40
รูปที่ 3.8 มอเตอร์ในโซน Cadcade .....	41
รูปที่ 3.9 มอเตอร์ในโซน Dry Board .....	41
รูปที่ 3.10 เอกสาร Typical of Power Distribution .....	43
รูปที่ 3.11 จำนวนเบรกเกอร์ที่ต่อมาจากเมนเบรกเกอร์ของตู้คอนโทรล MCC03.....	44
รูปที่ 3.12 จำนวนเบรกเกอร์ที่ต่อมาจากเมนเบรกเกอร์ของตู้คอนโทรล MCC04.....	44
รูปที่ 3.13 จำนวนเบรกเกอร์ที่ต่อมาจาก Power Supply 380VAC/24VDC.....	45
รูปที่ 3.14 จำนวนเบรกเกอร์ที่ต่อมาจากหม้อแปลง 380VAC/220VAC .....	45
รูปที่ 3.15 จำนวนเบรกเกอร์มอเตอร์ในตู้ MCC04 แบ่งตามโซน Cascade และ Dry Board .....	46
รูปที่ 3.16 จำนวนเบรกเกอร์มอเตอร์ในตู้ MCC03 แบ่งตามโซน Kiln Chain และ Pullout.....	46
รูปที่ 3.17 รายละเอียดของ Safety Relay ยี่ห้อ Pilz ที่หาได้จากคู่มือ.....	47
รูปที่ 3.18 แบ่งกลุ่มอุปกรณ์ทางไฟฟ้าตามเบรกเกอร์ 24VDC.....	48
รูปที่ 3.19 แบ่งกลุ่มอุปกรณ์ทางไฟฟ้าตามเบรกเกอร์ 220VAC ภายในตู้.....	48
รูปที่ 3.20 แบ่งกลุ่มอุปกรณ์ทางไฟฟ้ารวมตามเบรกเกอร์ 220VAC ภายในตู้และไปยังตู้อื่น .....	48
รูปที่ 3.21 แบ่งกลุ่มอุปกรณ์รวมตามเบรกเกอร์ Power ของมอเตอร์ .....	49
รูปที่ 3.22 แบ่งกลุ่มอุปกรณ์รวมตามเมนเบรกเกอร์ (Main Breaker) ของตู้.....	49
รูปที่ 3.23 ตัวอย่างหาเบรกเกอร์ 3 Pole ยี่ห้อ Schneider จากเว็บไซต์ผู้ผลิต .....	50
รูปที่ 3.24 ดาวันโพลดไฟล์ CAD ของเบรกเกอร์ จากเว็บไซต์ผู้ผลิต .....	50
รูปที่ 3.25 ตัวอย่างไฟล์ CAD 2D ของเบรกเกอร์ หลังจากเปิดกับโปรแกรม ZWCAD.....	51
รูปที่ 3.26 ตัวอย่างไฟล์ CAD 2D ของ REMOTE, DI, DO Card และ RACK ของ SIEMENS.....	51
รูปที่ 3.27 ออกแบบด้านหน้าของตู้ MCC04.....	52
รูปที่ 3.28 ออกแบบ Layout ของช่องเดินสายไฟ .....	52
รูปที่ 3.29 วาง Layout อุปกรณ์ภายในตู้.....	53

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.30 ใส่รายละเอียดของอุปกรณ์ .....	53
รูปที่ 3.31 ชื่อหมายเลขไปยังอุปกรณ์เพื่ออ้างอิงกับเอกสาร Bill of Material .....	54
รูปที่ 3.32 เอกสาร Bill of Material .....	55
รูปที่ 3.33 การวางกลุ่ม Terminal ในตู้ที่ 1 (MCC401).....	56
รูปที่ 3.34 Terminal ในตู้ที่ 1 (MCC401) ที่จะลากสายไฟไปยังตู้ที่ 2 (MCC402) .....	57
รูปที่ 3.35 Terminal ในตู้ที่ 2 (MCC402) ที่เป็น Terminal รับสายไฟจากตู้ที่ 1 (MCC401).....	57
รูปที่ 3.36 Instrument IO List ของอุปกรณ์ภายในตู้ที่ 1 (MCC401) .....	58
รูปที่ 3.37 Instrument IO List ของอุปกรณ์ภายในตู้ที่ 2 (MCC402) .....	59
รูปที่ 3.38 Instrument IO List ของอุปกรณ์ภายในตู้ที่ 3 (MCC403) .....	60
รูปที่ 3.39 Instrument IO List ของอุปกรณ์ภายในตู้ที่ 4 (MCC404) .....	60
รูปที่ 3.40 Instrument IO List ของอุปกรณ์ภายในตู้ที่ 1 (MCC405) .....	61
รูปที่ 3.41 Instrument IO List ของอุปกรณ์ที่ต่อมาจากหน่วยงานในโรงงาน .....	61
รูปที่ 3.42 เอกสารของสายการผลิตที่ 1 เฟสที่ 2 ที่ลูกค้าให้มาเป็นตัวอย่าง .....	62
รูปที่ 3.43 ตัวอย่างเอกสาร Power and Wiring Diagram จากเฟสที่ 2 .....	64
รูปที่ 3.44 Power and wiring diagram ของ Power Breaker, Surge/Phase Protection .....	66
รูปที่ 3.45 Power and Wiring Diagram ของ Transformer 380VAC/220VAC .....	68
รูปที่ 3.46 Power and Wiring Diagram ของ Power Supply 380VAC/24VDC .....	69
รูปที่ 3.47 Power and Wiring Diagram ของ 24VDC ภายในตู้ .....	70
รูปที่ 3.48 Power and Wiring Diagram ไฟ 220VAC เพื่อใช้สั่ง Coil ของ Contactor .....	71
รูปที่ 3.49 Power and Wiring Diagram ของระบบเซฟตี้ภายในตู้ .....	73
รูปที่ 3.50 Power and Wiring Diagram มอเตอร์ชนิด DOL .....	74
รูปที่ 3.51 Power and Wiring Diagram มอเตอร์ชนิด VFD .....	76
รูปที่ 3.52 รายละเอียดของอุปกรณ์ที่เข้าในแต่ละ Point ของ DI Card .....	77
รูปที่ 3.53 Power and Wiring Diagram ของสายที่เดินเข้าในแต่ละ Point ของ DI Card .....	78

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.54 รายละเอียดของอุปกรณ์ที่เข้าในแต่ละ Point ของ DO Card.....	79
รูปที่ 3.55 Power and Wiring Diagram ของสายที่เดินเข้าในแต่ละ Point ของ DI Card.....	80
รูปที่ 4.1 Top View ของตู้ MCC จำนวน 15 ตู้.....	82
รูปที่ 4.2 Front View ของตู้ MCC.....	83
รูปที่ 4.3 Front View ของตู้ OP1.....	84
รูปที่ 4.4 เอกสาร Typical of Power Distribution.....	85
รูปที่ 4.5 เอกสาร Power Consumption.....	86
รูปที่ 4.6 Panel and Layout ตู้ MCC4 จำนวน 5 ตู้.....	87
รูปที่ 4.7 Panel and Layout ตู้ MCC3 (01) - MCC3 (04).....	88
รูปที่ 4.8 Panel and Layout ตู้ MCC3 (05) - MCC3 (08).....	89
รูปที่ 4.9 Panel and Layout ตู้ MCC3 (09) - MCC3 (10).....	90
รูปที่ 4.10 Panel and Layout ตู้ OP1.....	91
รูปที่ 4.11 Panel and Layout ปุ่มคอนโทรลหน้าตู้ OP1.....	92
รูปที่ 4.12 เอกสาร Instrument IO List.....	93
รูปที่ 4.13 Power and Wiring Diagram ตู้ MCC4.....	94
รูปที่ 4.14 Power and Wiring Diagram ตู้ MCC3.....	94
รูปที่ 4.15 Power and Wiring Diagram ตู้ OP1.....	95
รูปที่ 4.16 หน้าตู้ของตู้ MCC มี Switch เปิด-ปิด Main Breaker และไฟแสดงสถานะ.....	96
รูปที่ 4.17 Panel ในตู้ MCC4 (01).....	97
รูปที่ 4.18 Panel ในตู้ MCC3 (01).....	98
รูปที่ 4.19 Panel ในชุดควบคุมมอเตอร์แบบ DOL.....	99
รูปที่ 4.20 Panel ในชุดควบคุมมอเตอร์แบบ VFD.....	100
รูปที่ 4.21 Transformer 380VAC/220VAC ที่ใช้ในโครงการ.....	101

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ อุปกรณ์ทางไฟฟ้า และระบบไฟฟ้านับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมากอันหนึ่งต่อกระบวนการผลิตหรือสายการผลิต ถ้าอุปกรณ์เหล่านี้มีการชำรุดเสียหาย เพราะหมดอายุการใช้งาน และบริษัทผู้ผลิตได้ยกเลิกการผลิตไปแล้ว การหาอุปกรณ์ทางไฟฟ้ามาทดแทนเพื่อการซ่อมบำรุงจึงกลายเป็นเรื่องยาก ใช้ระยะเวลาในการสั่งซื้อยาวนานมากกว่าปกติ ราคาแพง แต่ผลกระทบที่ตามมาคือกระบวนการผลิตหรือสายการผลิตเกิดการเบรคดาวน์ (Breakdown) ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตามจำนวนที่ต้องการ และตามระยะเวลาส่งมอบสินค้าที่ได้ตกลงไว้กับลูกค้า ทำให้บริษัทมีรายได้ลดลง ขาดความน่าเชื่อถือจากลูกค้า ท้ายที่สุดอาจทำให้บริษัทต้องเลิกกิจการ ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นดังกล่าวจึงพบว่าบริษัทส่วนใหญ่อาจพิจารณาให้เปลี่ยนอุปกรณ์ทางไฟฟ้า และระบบไฟฟ้าในโรงงานทั้งหมดเมื่อถึงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจะมีความคุ้มค่ามากกว่า ปลอดภัยกับบริษัทมากกว่า

บริษัทผลิตแผ่นบอร์ดยิปซัมแห่งหนึ่ง มีความประสงค์ที่จะปรับปรุงสายการผลิต โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ทางไฟฟ้า และระบบไฟฟ้าใหม่ทั้งหมด รวมถึง PLC เพื่อให้ระบบสายการผลิตมีประสิทธิภาพ ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และไม่เกิดการเบรคดาวน์ (Breakdown) อันเนื่องจากอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหมดอายุการใช้งาน และบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ยกเลิกการผลิตไปแล้ว ดังนั้นทางบริษัทดังกล่าวจึงได้ว่าจ้างบริษัท พีเอส เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด ในการดำเนินงานปรับปรุงระบบไฟฟ้า และเปลี่ยนอุปกรณ์ทางไฟฟ้าทั้งหมดของสายการผลิตสายหนึ่ง

บริษัท พีเอส เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด เป็นบริษัทที่ปรึกษาในเรื่องการออกแบบระบบไฟฟ้า และตู้คอนโทรล เขียนโปรแกรมระบบควบคุมอัตโนมัติ รวมถึงงานเดินสาย (Wiring) ปรับปรุงหรือรีแอมป์ (Revamp) กระบวนการผลิตหรือสายการผลิต เพื่อให้กระบวนการผลิตมีเสถียรภาพ ใช้งานง่ายขึ้น ป้องกันการเกิดปัญหาต่างๆที่จะเกิดขึ้นในอนาคต บริษัทพีเอส เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด มีสถานที่ตั้งอยู่ที่ 57/26 หมู่ที่ 9 หมู่บ้านอุทยานทอง ขอยแจ้งวัฒนะ-ปากเกร็ด 19 ถนนแจ้งวัฒนะ ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120 ประกอบด้วย 3 แผนกได้แก่ วิศวกร ช่างเทคนิค และมีบุคลากรทั้งหมดประมาณ 50 คน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้อธิบายถึงการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) ของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆภายในตู้คอนโทรลให้เหมาะสมกับเนื้อที่ภายในตู้ การออกแบบระบบความปลอดภัย (Safety) การเลือกอุปกรณ์ทางไฟฟ้าให้เหมาะสมกับโหลดภายในโรงงาน การเดินสายไฟ (Wiring) ฯลฯ ในสายการผลิตสายหนึ่งของบริษัทผลิตแผ่นบอร์ดยิปซัม ซึ่งได้รับมอบหมายจากบริษัท พีเอส เอนจิเนียริง

คอนซิลแตนท์ จำกัด ใ้รับผลิตขอบงานนี้ โดยกำหนดให้เป็นโครงการสหกิจศึกษาหนึ่งภาคการศึกษา ในการออกแบบข้างต้นนี้จะใช้โปรแกรม ZWCAD ซึ่งเป็นโปรแกรมออกแบบสองมิติ (2D) ที่ใช้ภายในบริษัทฯ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆจากคู่มือ
2. เพื่อศึกษาการคำนวณพิกัดกระแสในการเลือกอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆ ให้เหมาะสมกับโหลด
3. ออกแบบตามวัตถุประสงค์ของบริษัทผู้ว่าจ้างและใช้งานได้จริง

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ออกแบบการจัดวาง (Panel) ของแต่ละอุปกรณ์ทางไฟฟ้าภายในตู้ ด้วยโปรแกรม ZWCAD
2. คำนวณพิกัดกระแสและเลือก รุ่น ยี่ห้อ อุปกรณ์ทางไฟฟ้าให้เหมาะสมกับโหลดของสายการผลิต
3. ออกแบบการเดินสาย (Wiring) ของทั้งภาคแหล่งจ่ายไฟ (Power) และภาคควบคุม (Control) ด้วยโปรแกรม ZWCAD

## 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

### 1. ขั้นตอนศึกษาและรวบรวมข้อมูล

- รวบรวมข้อมูลที่ได้จาก TOR (TERM OF REFERENCE) จากบริษัทผู้ว่าจ้าง
- รวบรวมงานจากสายการผลิตก่อนหน้าเพื่อใช้อ้างอิง อาทิเช่น สัญลักษณ์ รูปแบบการเดินสาย (Wiring) เป็นต้น
- สอบถามผู้ที่ปรึกษาโครงการ เพื่อซักถามข้อสงสัยต่างๆ

### 2. ทำแบบ Typical of Power Distribution

- เป็นแบบ Overview ในส่วนของภาคแหล่งจ่ายไฟ (Power) เพื่อให้เห็นภาพรวมของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าทุกชิ้นในทุกตู้คอนโทรล

### 3. ทำแบบ Panel Layout

- ออกแบบการวางอุปกรณ์ต่างๆในตู้คอนโทรล รวมทั้งอุปกรณ์อื่นๆที่อยู่หน้าตู้คอนโทรล อาทิเช่น สวิตช์แบบกด (Pushbutton) ไฟลัดแลมป์ (Pilot Lamp) 7 Segment Display เป็นต้น

### 4. คำนวณพิกัดกระแสเพื่อทำเอกสาร Power Consumption

- คำนวณกำลังไฟฟ้าของโหลดที่ใช้ทั้งในตู้คอนโทรลและในโรงงาน เพื่อเลือกรุ่น ยี่ห้อ ของอุปกรณ์ในตู้ให้เหมาะสมกับโหลดที่ใช้ อาทิเช่น เบรกเกอร์ (Breaker) เบรกเกอร์มอเตอร์ (Motor Breaker) บัส-บาร์ ทองแดง (Busbar) ขนาดสายไฟ เป็นต้น

#### 5. List รุ่น ยี่ห้ออุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้

- List รุ่น ยี่ห้ออุปกรณ์ที่ใช้ในแบบ Panel Layout และที่ได้จากการคำนวณ Power Consumption เพื่อจะออกใบเสนอราคาในการสั่งอุปกรณ์

#### 6. ทำเอกสาร Instrument IO list

- List อินพุตและเอาต์พุตที่ใช้กับ PLC แบ่งกลุ่มเพื่อให้ง่ายต่อการ Wiring และง่ายต่อการเขียนโปรแกรม

#### 7. ทำแบบ Power and Wiring Diagram

- ออกแบบการเดินสายไฟภายในและภายนอกตู้คอนโทรลทั้งในส่วนของภาคภาคแหล่งจ่ายไฟ (Power) หรือไฟที่ใช้เลี้ยงอุปกรณ์หรือต่อไปยังโหลดต่างๆ และในส่วนของภาคควบคุม (Control) หรือ Point ของอุปกรณ์ต่างๆที่เป็นอินพุต/เอาต์พุตเข้าไปใน PLC อาทิเช่น Contact ที่เป็นสถานะของเบรกเกอร์, Contact ที่เป็นสถานะของ Power supply, เอาต์พุตที่ไปขับ Relay, อินพุตจาก Sensorsต่างๆ เป็นต้น

#### 8. ส่งแบบให้ช่างทำ เริ่มทำตู้คอนโทรลตามที่ทำแบบไว้

- ส่งแบบต่างๆให้กับช่างเทคนิค และควบคุมงานให้เป็นไปตามที่ทำแบบไว้

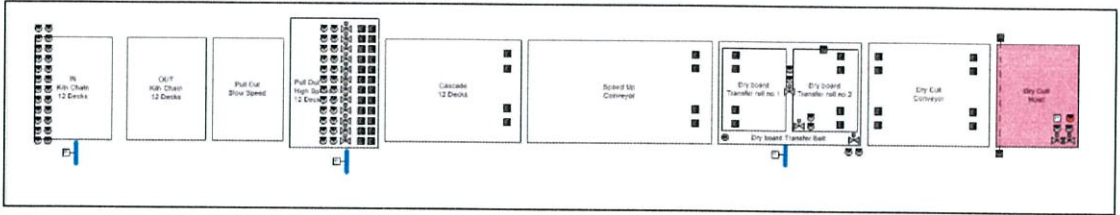
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	เดือน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	สัปดาห์ที่	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษารายละเอียดงานจากที่ผู้ควบคุมโครงการ		■	■	■													
2. ทำเอกสาร Typical of Power Distribution ระบบไฟฟ้าในโครงการ			■	■													
3. ทำเอกสาร Power Consumption ของทุกตู้				■	■	■											
4. ออกแบบ Panel Layout ของตู้ MCC						■	■	■									
5. ออกแบบ Panel Layout ของตู้ OP1								■	■								
6. ทำเอกสาร Instrument IO list ของทุกตู้										■	■						
7. ออกแบบ Power and Wiring Diagram ของตู้ MCC											■	■	■	■	■		
8. ออกแบบ Power and Wiring Diagram ของตู้ OP1															■	■	■
9. ตรวจสอบเช็คเอกสารแก้ไขข้อผิดพลาด				■	■		■		■	■				■			■
10. ควบคุมการเดินสายตู้ MCC																■	■

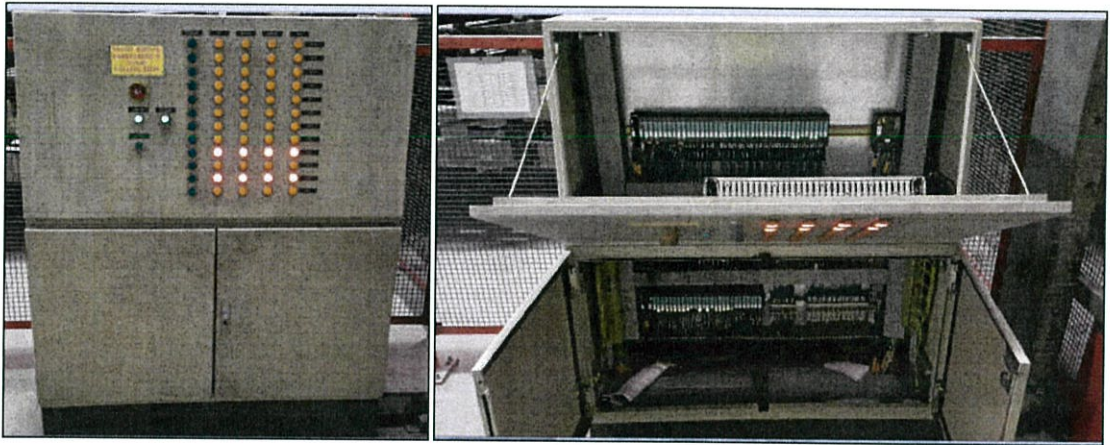
### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงกระบวนการและขั้นตอนในการออกแบบตู้คอนโทรลตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบไปจนถึงควบคุมงานในการทำตู้จริง
2. เข้าใจวิธีการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ภายในตู้คอนโทรล
3. ได้ทักษะในการเขียนโปรแกรมออกแบบสองมิติด้วยโปรแกรม ZWCAD
4. ได้เรียนรู้การแก้ไขปัญหาต่างๆจากประสบการณ์ทำงานจริง

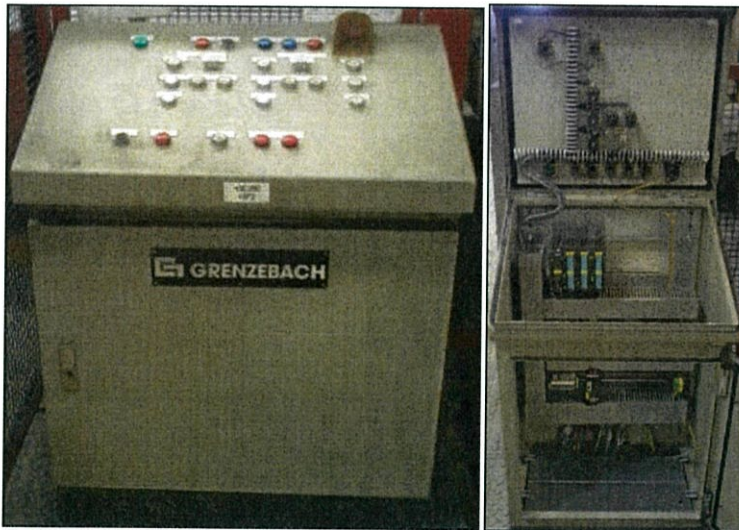




รูปที่ 2.2 พื้นที่การทำงาน และจำนวนเซนเซอร์



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างตู้ OP1 ของเดิมของโรงงาน



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างตู้ OP2 ของเดิมของโรงงาน

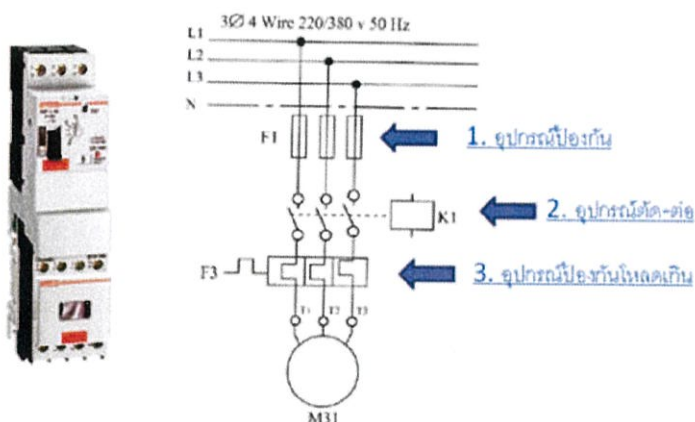


รูปที่ 2.5 ตัวอย่างตู้ OP8 ของเดิมของโรงงาน

## 2.2 การควบคุมมอเตอร์ (Motor Control)

### 2.2.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า (Motor Starting)

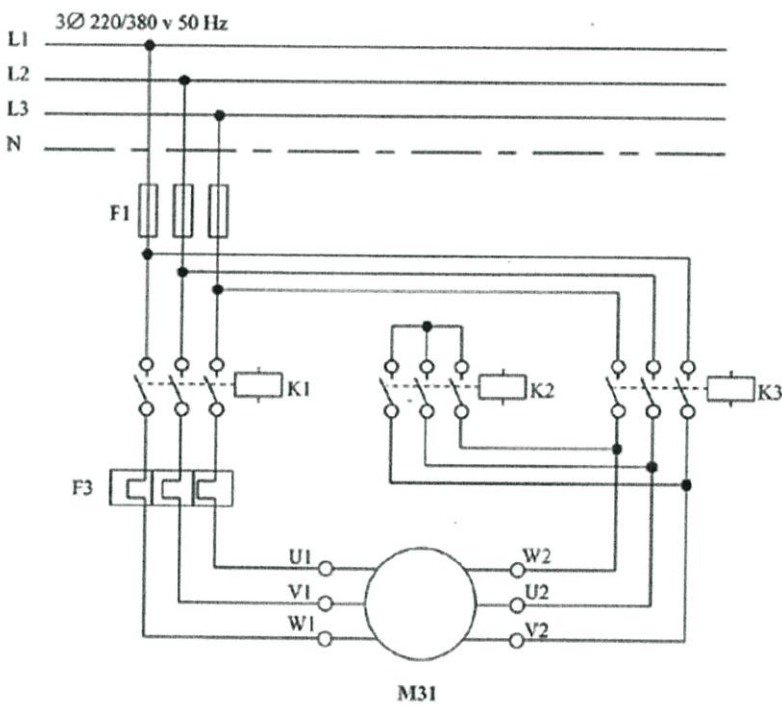
2.2.1.1 การเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรง (Direct on Line Starter: DOL) หมายถึง การเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรง เป็นการจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดที่ระบุบน Name Plate มอเตอร์ เรียกว่า “การสตาร์ทแบบ DOL” โดยไม่มีการลดกระแสหรือแรงดันขณะสตาร์ท ซึ่งมอเตอร์จะมีกระแสขณะสตาร์ทประมาณ 6 ถึง 7 เท่าของกระแสพิกัด จึงเหมาะกับมอเตอร์ขนาดเล็ก เช่น มอเตอร์มีขนาดไม่เกิน 7.5 กิโลวัตต์ หรือ 10 แรงม้า แต่อาจมีการสตาร์ทแบบ DOL ได้เช่นกันในมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ สำหรับงานที่ต้องการแรงบิดสูง



รูปที่ 2.6 วงจรกำลังและการสตาร์ทแบบ Direct On Line

2.2.1.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยการลดแรงดันไฟฟ้า (Reduced Voltage Starter) หมายถึง เนื่องจากการเริ่มเดินมอเตอร์แบบ DOL จะมีกระแสสตาร์ทสูงประมาณ 7 ถึง 10 เท่า ทำให้การเลือกอุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็นขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์, คอนแทคเตอร์, สายไฟ จะต้องมีการเผื่อขนาดรองรับกระแสให้เพียงพอเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น การเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยการลดแรงดันไฟฟ้า (Reduced Voltage Starter) มีหลายแบบด้วยกันตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่วิธีที่นิยมที่สุดคือ การเริ่มเดินแบบสตาร์-เดลต้า (Star-delta Starter) การสตาร์ทแบบสตาร์-เดลตάνี้เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากออกแบบง่ายและเหมาะสำหรับการสตาร์ทมอเตอร์สามเฟสแบบเหนี่ยวนำ ใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีการต่อขดลวดภายในที่มีปลายสายต่อออกมาข้างนอก 6 ปลาย และมอเตอร์จะต้องมีพิกัดแรงดันสำหรับการต่อแบบเดลต้าที่สามารถต่อเข้ากับแรงดันสายจ่ายได้อย่างปลอดภัย ปกติพิกัดที่ตัวมอเตอร์สำหรับระบบแรงดัน 3 เฟส 380 V จะระบุเป็น 380/660 V

ในขณะที่สตาร์ทมอเตอร์จะทำการต่อแบบสตาร์ (Star หรือ Y) ซึ่งสามารถลดแรงดันขณะสตาร์ทได้ และเมื่อมอเตอร์หมุนไปได้สักระยะหนึ่งประมาณความเร็ว 75% ของความเร็วพิกัดมอเตอร์จะทำการต่อแบบเดลตา (Delta หรือ D)



รูปที่ 2.7 วงจรกำลังและการสตาร์ทแบบ Star-Delta

## 2.2.2 อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์

2.2.2.1 มอเตอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Motor Circuit Breaker) เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าสำหรับสตาร์ทมอเตอร์โดยเฉพาะ และได้รวมฟังก์ชันป้องกันมอเตอร์จากกระแสลัดวงจร (Short Circuit) กระแสเกินพิกัด (Over-load) และไฟไม่ครบเฟส (Phase Loss) ไว้ในตัวเดียว เซอร์กิตเบรกเกอร์มอเตอร์ (Motor Breaker) เหมาะสำหรับควบคุมมอเตอร์ของปั๊ม (Pump) พัดลมระบายอากาศ ระบบทำความเย็น สายพานลำเลียง เครื่องจักรต่างๆที่ใช้มอเตอร์



### Motor Circuit Breaker รุ่น GV2 และ GV3

โพลชนิด AC-3  
ตามมาตรฐาน IEC60947-4



**GV2P**  
เป็นอุปกรณ์ตัดวงจรมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพและสามารถทนกระแสสูง มีปุ่มทริปแบบหมุนที่มองเห็นได้ชัดเจน เพื่อความสะดวกสำหรับการทำงานของผู้ใช้ มีระบบป้องกันแบบ thermal และแบบ magnetic



**GV2L**  
อุปกรณ์ตัดวงจรมอเตอร์ที่มีความคล้ายคลึงกับรุ่น GV2 แต่มีระบบป้องกันแบบ magnetic เท่านั้น มีปุ่มทริปแบบหมุนที่มองเห็นได้ชัดเจน เพื่อความสะดวกสำหรับการทำงานของผู้ใช้

[www.PNBmart.com](http://www.PNBmart.com)



**GV3P**  
เป็นอุปกรณ์ตัดวงจรมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่รับโหลดเต็มมากถึง 65A มีปุ่มทริปแบบหมุนที่มองเห็นได้ชัดเจน เพื่อความสะดวกสำหรับการทำงานของผู้ใช้



**GV3L**  
อุปกรณ์ตัดวงจรมอเตอร์ที่มีความคล้ายคลึงกับรุ่น GV3 มอเตอร์สตาร์ทเตอร์ แต่มีระบบป้องกันแบบ magnetic เท่านั้น มีปุ่มทริปแบบหมุนที่มองเห็นได้ชัดเจน เพื่อความสะดวกสำหรับการทำงานของผู้ใช้

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างมอเตอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์

2.2.2.2 แมกเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) หรือแมกเนติกสวิตช์ (Magnetic Switch) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้าในการปิดเปิดของหน้าสัมผัส โดยอาศัยอำนาจแม่เหล็ก สามารถประยุกต์ใช้กับวงจรควบคุมต่างๆ เช่น วงจรควบคุมมอเตอร์ เป็นต้น



หมายเหตุ \*\* โปรดระบุแรงดันคอยล์ที่ต้องการ

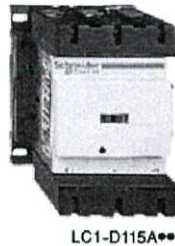
คอยล์กระแสสลับ (50/60 เฮิรตซ์)

แรงดันไฟ (โวลต์)	24	42	48	110	115	220/230	380/400	415	440
รหัส (**)	B7	-	E7	F7	-	M7	Q7	-	-

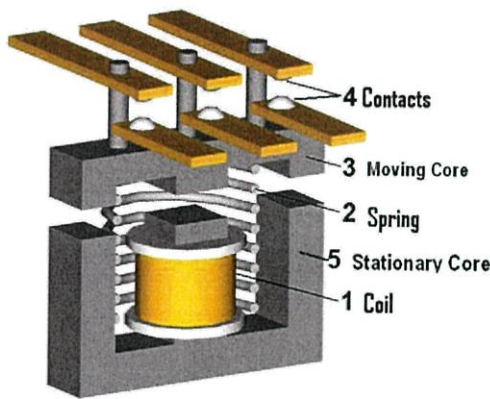
ตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการสั่งซื้อคอนแทคเตอร์ LC1-D09\*\* ใช้คอยล์แรงดัน 220 VAC 50 เฮิรตซ์

รหัสสินค้าเมื่อสั่งซื้อคือ LC1-D09M7

- ตารางเทียบรุ่น จากรุ่นเก่าเป็นรุ่นใหม่ กรุณาคลิกไปหน้า 118



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างแมกเนติกคอนแทคเตอร์



รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบที่สำคัญของแมกเนติกคอนแทคเตอร์

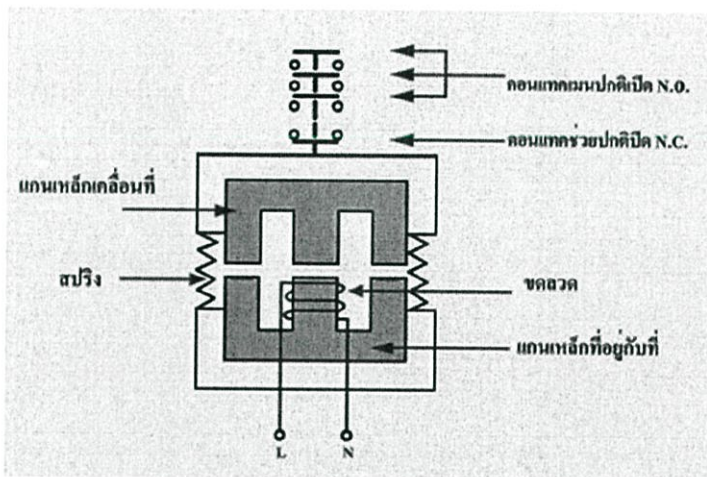
ส่วนประกอบที่สำคัญของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ที่แสดงในรูปที่ 2.10 ประกอบด้วย

1. Coil หรือขดลวดสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก
2. Spring เป็นสปริงสำหรับผลัก Moving Contact ออก เมื่อไม่มีกระแสไปเลี้ยง Coil
3. Moving Core เป็นแกนเหล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้

4. Contact หรือหน้าสัมผัสเป็นส่วนประกอบที่ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้า
5. Stationary Core เป็นแกนเหล็กที่อยู่กับที่

### หลักการการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor)

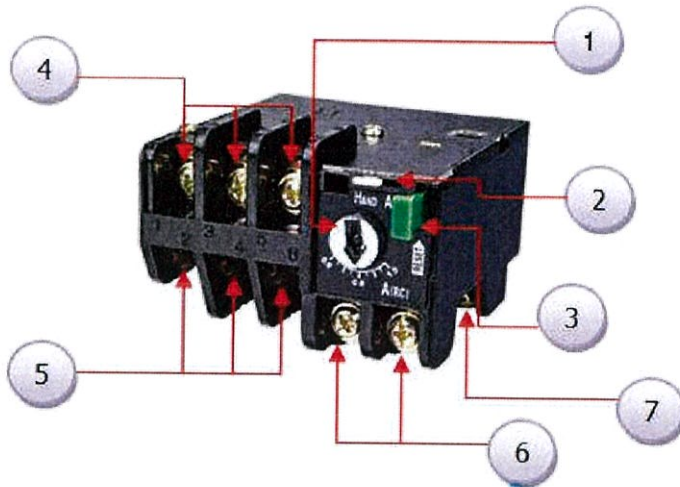
เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็ก (Solenoid) จะสร้างสนามแม่เหล็กที่แรง สนามแม่เหล็กจะสามารถชนะแรงสปริงได้ ดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่ (Moving Contact) เคลื่อนที่พร้อมกับหน้าสัมผัส คอนแทกทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือ คอนแทกปกติปิดจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออก และคอนแทกปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัส



รูปที่ 2.11 หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์

2.2.2.3 โอเวอร์โวลต์รีเลย์ (Overload Relays) เป็นอุปกรณ์ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือมอเตอร์ ไม่ให้เกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัด โดยมีส่วนประกอบภายนอกที่สำคัญของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ ดังนี้

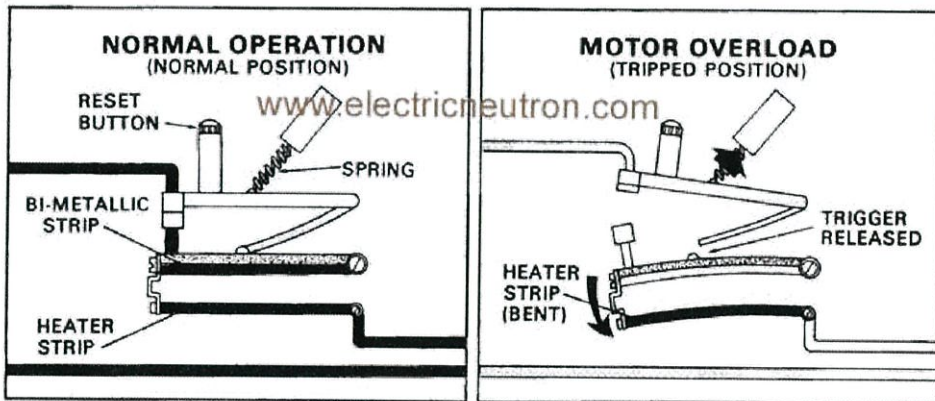
1. ปุ่มปรับกระแส (R.C.A)
2. ปุ่มทริป (TRIP)
3. ปุ่มรีเซ็ต (RESET)
4. จุดต่อไฟเข้าเมนไมมีทอล
5. จุดต่อไฟออกจากเมนไมมีทอล
6. หน้าสัมผัสช่วยปกติปิด (N.C.)
7. หน้าสัมผัสช่วยปกติเปิด (N.O.)



รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบที่สำคัญของโอเวอร์โหลดรีเลย์

หลักการทำงานของโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relays)

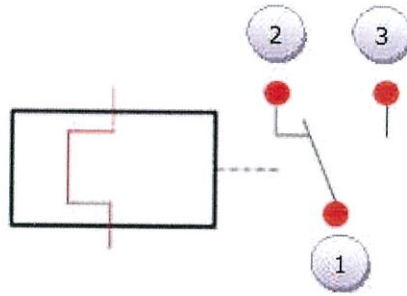
โอเวอร์โหลดรีเลย์มีแผ่นไบเมทัล (Bimetal: แผ่นโลหะผลิตจากโลหะต่างชนิดกัน) เชื่อมติดกัน เมื่อได้รับความร้อนแผ่นโลหะจะโก่งตัว แผ่นไบเมทัลซึ่งเป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟไปมอเตอร์ เมื่อกระแสไหลเข้าสู่ในระดับค่าหนึ่ง ส่งผลให้แผ่นไบเมทัลร้อนและโก่งตัว ดันให้หน้าสัมผัสปกติปิด (N.C) ของโอเวอร์โหลดรีเลย์ ปลดมอเตอร์ออกจากแหล่งจ่ายไฟ ป้องกันมอเตอร์ความเสียหาย จากไฟเกินได้



รูปที่ 2.13 หลักการทำงานของโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relays)

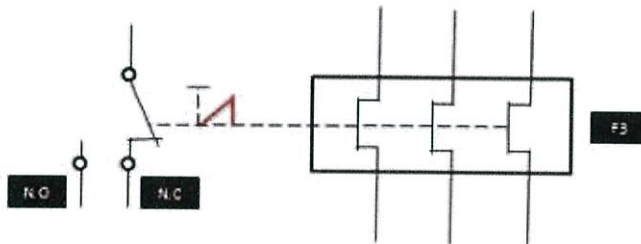
## ชนิดของโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relays)

โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบธรรมดา คือ เมื่อแผ่นไบเมทัลลิ่งงอไปแล้วจะกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิม เมื่อเย็นตัวลงเหมือนในเตารีด

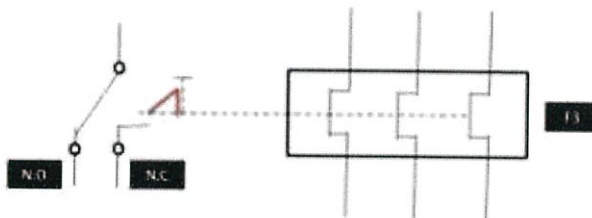


รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบธรรมดา

โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบที่มีรีเซ็ต (Reset) คือเมื่อตัดวงจรไปแล้ว หน้าสัมผัสจะถูกล็อกเอาไว้ ถ้าต้องการจะให้วงจรทำงานอีกครั้ง ทำได้โดยกดที่ปุ่ม Reset ให้หน้าสัมผัสกลับมาต่อวงจรเหมือนเดิม



รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบมี Reset



รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบมี Reset เมื่อไฟเกิน หน้าสัมผัสเปิดต้องกด Reset

## TeSys Overload relays for D contactor

TeSys โอเวอร์โหลดรีเลย์ สำหรับคอนแทกเตอร์รุ่น D

- ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง ล็อคโรเตอร์
- ป้องกันมอเตอร์ไหม้เมื่อไฟขาดเฟส
- อุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ - 40°C ถึง + 70°C
- มีปุ่ม TEST เพื่อทดสอบตัวเอง และปุ่ม STOP เพื่อทดสอบระบบ
- มีคอนแทกอยู่ในตัวแบบ INO+INC
- มีฝาปิดผนึกได้ ป้องกันการเปลี่ยนค่าที่ตั้งไว้แล้ว
- MANUAL และ AUTO RESET ได้ทุกรุ่น



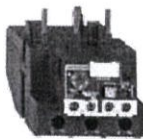
LRD-00

www.PNBmart.com

EverLink



LRD-300

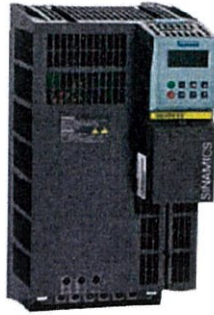


LRD-33

พิกัดมอเตอร์ 3 เฟส 380VAC		ช่วงปรับ กระแสโอเวอร์โหลด (แอมป์)	สวมได้กับ คอนแทกเตอร์ รุ่น LC1-	รหัสสินค้า	ราคา (บาท)
กิโลวัตต์	แอมป์				
0.02	0.027	0.10 - 0.16	D09-D38	LRD-01	1,200
0.04	0.055	0.16 - 0.25	D09-D38	LRD-02	1,200
0.06	0.08	0.25 - 0.40	D09-D38	LRD-03	1,200
0.12	0.17	0.40 - 0.63	D09-D38	LRD-04	1,200
0.18	0.245	0.63 - 1	D09-D38	LRD-05	1,200
0.37	0.5	1 - 1.6	D09-D38	LRD-06	1,200
0.75	1	1.6 - 2.5	D09-D38	LRD-07	1,200
1.5	2	2.5 - 4	D09-D38	LRD-08	1,200
2.2	3	4 - 6	D09-D38	LRD-10	1,200
3	4	5.5 - 8	D09-D38	LRD-12	1,200
4	5.5	7 - 10	D09-D38	LRD-14	1,200
5.5	7.5	9 - 13	D12-D38	LRD-16	1,500
7.5	10	12 - 18	D18-D38	LRD-21	1,700
11	15	17 - 25	D25-D38	LRD-22	1,700
15	20	23 - 32	D25-D38	LRD-32	2,000
18.5	25	30 - 38	D32-D38	LRD-35	2,400
11	15	17 - 25	D40A-D65	LRD-325	2,900
15	20	23 - 32	D40A-D65	LRD-332	2,900
18.5	25	30 - 40	D40A-D65	LRD-340	3,000
22	30	37 - 50	D50A-D65	LRD-350	3,000
30	40	48 - 65	D50A-D65	LRD-365	3,650
33	45	55 - 70	D50-D95	LRD-3361	3,700
37	50	63 - 80	D65-D95	LRD-3363	4,200
45	60	80 - 104	D90-D95	LRD-3365	4,900
51	70	80 - 104	D115-D150	LRD-4365	7,200
55	75	95 - 120	D115-D150	LRD-4367	7,600
75	100	110 - 140	D150	LRD-4369	10,900

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างโอเวอร์โหลดรีเลย์แบบมี Reset ยี่ห้อ Schneider

2.2.2.4 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำกรงกระรอกสามเฟส (3-phase Squirrel-Cage Induction Motor) โดยวิธีการปรับแรงดันและความถี่ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับมอเตอร์



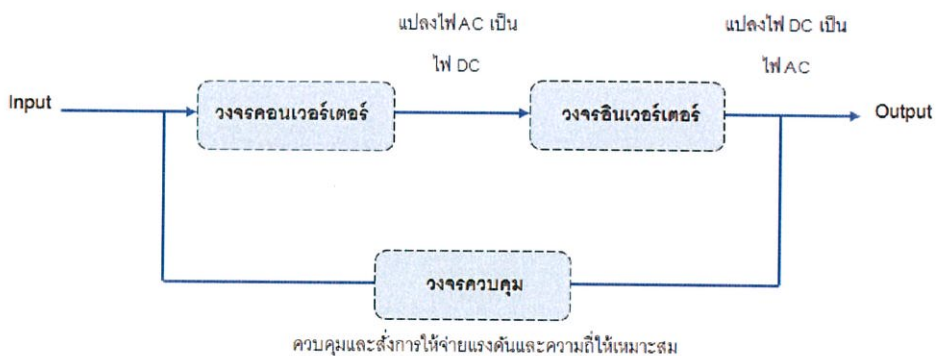
รูปที่ 2.18 อินเวอร์เตอร์ยี่ห้อ Siemens

บางครั้งอุปกรณ์ชนิดนี้อาจเรียกว่า "V/F Control" หรือชื่อเรียกเป็นอย่างอื่นอีกหลายชื่อ เช่น VFD (Variable Frequency Drives), VSD (Variable Speed Drives); VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) และ VC (Vector Control) เป็นต้น

### หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

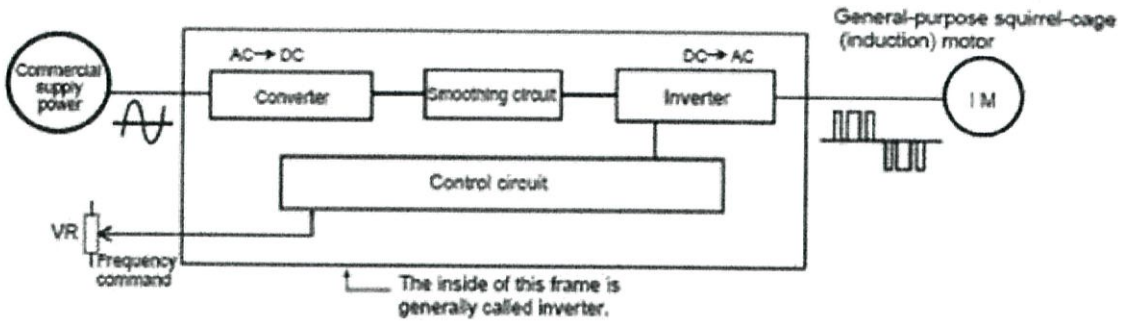
อินเวอร์เตอร์จะแปลงไฟกระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไป ที่มีแรงดันและความถี่คงที่ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ ( Converter Circuit ) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่นและผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์

โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับมีรูปคลื่นไซน์ แต่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปไซน์ นอกจากนี้ยังมีชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส (3-phase Induction Motor)



รูปที่ 2.19 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

## โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์

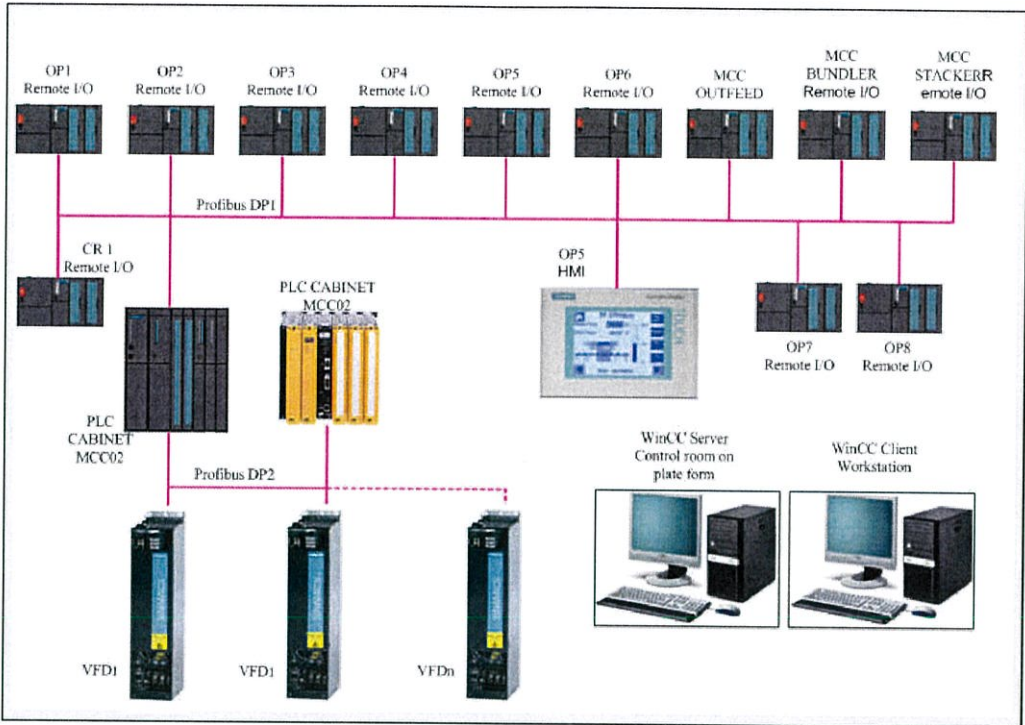


รูปที่ 2.20 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

1. ชุดวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟ 50 Hz ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC Voltage)
2. ชุดวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟกระแสสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้
3. ชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์เพื่อรับความถี่จากผู้ใช้งานและปรับให้เหมาะสมในให้ออกมาทางเอาต์พุท

สำหรับบริษัทผลิตแผ่นบอร์ดยิปซัมกำหนดให้ใช้อินเวอร์เตอร์หรือ VFD (Variable Frequency Drives) ยี่ห้อ Siemens โดยเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล (Protocol) ชื่อว่า "Profibus" โดยใช้สาย RS-485 ต่อแบบ Multidrop ผ่าน CPU และ Remote Card ของ PLC

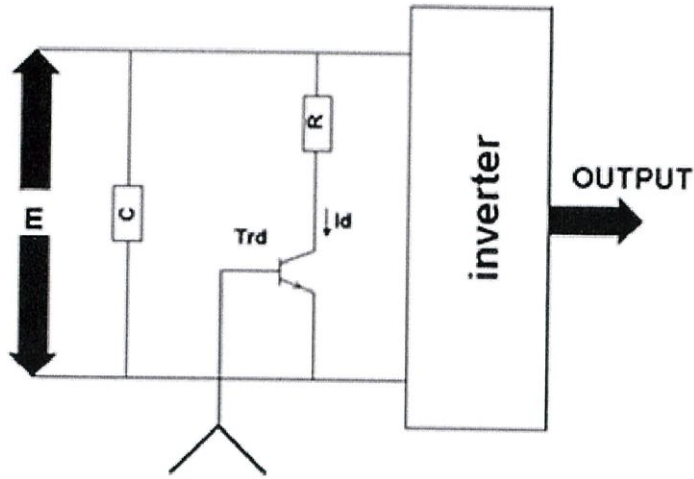
## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.21 การเชื่อมต่อสัญญาณของ PLC ภายในสายการผลิตที่ปรับปรุง

### การควบคุมมอเตอร์ผ่านอินเวอร์เตอร์

1. การสตาร์ท อินเวอร์เตอร์จะส่งความถี่แก่มอเตอร์ด้วยความถี่สตาร์ท มอเตอร์ก็จะผลิตแรงบิด จากนั้นอินเวอร์เตอร์จะค่อยๆ เพิ่มความถี่ขึ้นไป จนกระทั่งแรงบิดของมอเตอร์สูงกว่าแรงบิดของโหลด มอเตอร์จึงเริ่มหมุน
2. การเร่งความเร็วและการเดินเครื่องด้วยความเร็วคงที่ หลังจากสตาร์ทอินเวอร์เตอร์และมอเตอร์แล้ว ความถี่ขาออกจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงความถี่ที่ต้องการ ช่วงเวลาในการเพิ่มความถี่นี้คือเวลาการเร่งความเร็ว และเมื่อความถี่ขาออกเท่ากับความถี่ที่ต้องการ การเร่งความเร็วก็เสร็จสิ้น อินเวอร์เตอร์จะเข้าสู่การทำงานในช่วงเวลาการเดินเครื่องด้วยความเร็วคงที่
3. การลดความเร็ว ทำได้โดยตั้งความถี่ให้ต่ำกว่าความถี่ขาออก อินเวอร์เตอร์จะลดความถี่ลงมาเรื่อยๆ ตามช่วงเวลาการลดความเร็วที่ได้ตั้งไว้ ในขณะที่ลดความถี่ ความเร็วรอบของมอเตอร์จะมีค่ามากกว่าความถี่ขาออกของอินเวอร์เตอร์ มอเตอร์จะทำงานเหมือนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและผลิตไฟจ่ายกลับไปให้อินเวอร์เตอร์ (Regeneration) ทำให้แรงดันไฟกระแสตรง (แรงดันตกคร่อมคอนเดนเซอร์) มีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นภายในอินเวอร์เตอร์จะมีวงจรที่ทำหน้าที่รับพลังงานที่เกิดจากการ Regeneration ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการเบรกมอเตอร์ วงจรนี้เรียกว่า “วงจรเบรกคืนพลังงาน” ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 วงจรเบรกคืนพลังงาน

พลังงานที่เกิดจากการ Regeneration จะป้อนกลับมาซาร์จรประจุที่คอนเดนเซอร์ C ทำให้แรงดัน E มีค่าสูงขึ้น ถ้าแรงดันสูงกว่าค่าที่กำหนด ทรานซิสเตอร์ Trd ในวงจรเบรกจะทำงาน ทำให้มีกระแส Id ไหลผ่านตัวต้านทานเบรก R ทำให้ตัวต้านทานร้อนขึ้น เป็นการเผาผลาญพลังงานที่เกิดจากการ Regeneration และทำให้พลังงานที่เก็บสะสมในคอนเดนเซอร์ C ถูกคายออกมา ทำให้แรงดัน E มีค่าลดลง เมื่อแรงดันลดลงต่ำกว่าค่าที่กำหนด ทรานซิสเตอร์ Trd จะหยุดทำงาน และกระแสเบรกก็จะหยุดไหล

ในช่วงการลดความเร็วจะทำงานในลักษณะนี้หลายๆครั้ง ถ้าพลังงานที่เกิดจากการ Regeneration มีค่าน้อย อัตราการใช้งานวงจรเบรกก็จะต่ำ บางครั้งอาจจะไม่ทำงานเลยก็มี

อัตราการใช้งานวงจรเบรกนี้ ได้รับการออกแบบโดยการพิจารณาในแง่ของการระบายความร้อนไว้ที่ 2-3 % เท่านั้น ถ้ามีการใช้เบรกบ่อยหรือใช้เบรกนานเกินไป จะทำให้เกิดปัญหาการระบายความร้อนของตัวต้านทาน และอาจทำให้ทรานซิสเตอร์เสื่อมได้



รูปที่ 2.23 ตัวต้านทานเบรก (Braking Resistor) ยี่ห้อ Siemens

4. การหยุด อินเวอร์เตอร์จะลดความถี่ลงจนถึงระดับหนึ่ง และจะผลิตไฟกระแสตรงเข้าไปในมอเตอร์ เพื่อทำงานเป็นเบรกจนกระทั่งมอเตอร์หยุดหมุนเรียกว่า “การเบรกด้วยไฟกระแสตรง”

**แนวคิดในการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์** ถ้าคิดว่าอินเวอร์เตอร์เหมือนกับแหล่งจ่ายไฟที่ใช้จ่ายพลังงานเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ก็จะคิดว่ายิ่งเลือกอินเวอร์เตอร์ขนาดยิ่งใหญ่เท่าไ้ก็ยิ่งดี สามารถติดตั้งสวิทช์ที่เอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์เพื่อเปิดปิดจ่ายกระแสให้กับมอเตอร์ได้ทันทีเหมือนกับแหล่งจ่ายไฟ แต่แนวความคิดนี้ไม่ถูกต้อง เนื่องจากต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง และอินเวอร์เตอร์มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น

ในการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ จะต้องคำนึงถึงข้อต่างๆดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการขับเคลื่อนมอเตอร์ขณะเร่งความเร็ว และความเร็วรอบคงที่ที่ต้องพิจารณาว่าอินเวอร์เตอร์สามารถจ่ายกระแสที่มอเตอร์ต้องการได้หรือไม่

2. ความสามารถในการขับเคลื่อนมอเตอร์ขณะลดความเร็ว ในขณะที่ลดความเร็วมอเตอร์จะทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและคืนพลังงานกลับไปให้อินเวอร์เตอร์ ดังนั้น อินเวอร์เตอร์ต้องมีความสามารถในการรับคืนและใช้พลังงานนี้ให้หมดไป

3. การเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ โดยดูจากขนาดและจำนวนมอเตอร์นั้น ให้เลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีกระแส พิกัดมากกว่าผลรวมของกระแสมอเตอร์ทุกตัว

จุดเด่นของอินเวอร์เตอร์อีกอย่างหนึ่งคือสามารถขับเคลื่อนมอเตอร์หลายๆ ตัวด้วยอินเวอร์เตอร์เพียงตัวเดียว แต่วิธีการเดินเครื่องบางแบบ อาจต้องเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ที่มีขนาดใหญ่มาก จึงไม่เป็นการประหยัดและเกิดความผิดพลาดในการเลือกขนาดได้ง่ายด้วย อินเวอร์เตอร์ที่ทำงานในโหมดการควบคุมฟลักซ์เวกเตอร์ ไม่สามารถขับเคลื่อนได้หลายตัวพร้อมกัน จะต้องเปลี่ยนโหมดการควบคุมไปเป็นแบบแรงดันต่อความถี่เท่านี้จึงจะขับเคลื่อนได้หลายตัว

## 2.3 ระบบรักษาความปลอดภัย (Safety System)

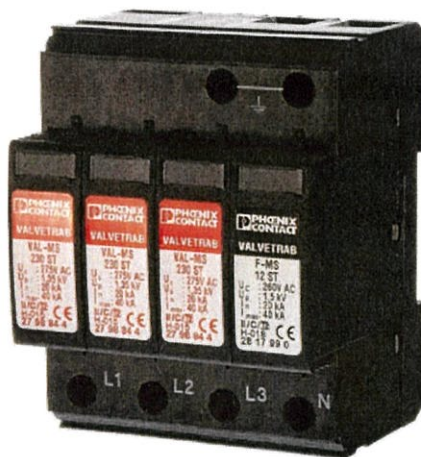
2.3.1 เซฟตี้รีเลย์ (Safety Relay) หรือ Protection Relay เป็น Relay ประเภทหนึ่งหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า รีเลย์ป้องกันไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับความผิดปกติที่เกิดกับอุปกรณ์ทางไฟฟ้า และทำงานสั่งปลดอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่เกิดปัญหาออกจากระบบไฟฟ้าโดยเร็วเพื่อไม่ให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย ซึ่งการที่สวิทช์จะทำการตัดต่อวงจรได้นั้นต้องมีเงื่อนไขต่างๆในการตัดต่อวงจรดังนี้ เช่น การป้องกัน Surge ป้องกันแรงดัน Low/High, Phase Sequence, Emergency Switch เป็นต้น

ภายในสายการผลิตแผ่นบอร์ดชิปเซ็ตจะต่อเซฟตี้รีเลย์ร่วมกับ Surge Protection, Phase Protection และ Emergency Switch ซึ่งเป็นเงื่อนไขในการปลดไฟฟ้าออกจากมอเตอร์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์



รูปที่ 2.24 เซฟตี้รีเลย์ ยี่ห้อ Pliz

2.3.2 เครื่องป้องกันไฟกระชอก (Surge Protection) หมายถึงเครื่องป้องกันไฟกระชอกแรงดันสภาวะการเปลี่ยนแปลงไฟฟ้าชั่วขณะ เป็นลักษณะแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า หรือความถี่สูงกว่าแรงดันปกติที่เกิดขึ้นโดยเฉียบพลันในระยะเวลาอันสั้นเป็นเสี้ยววินาที โดยแหล่งกำเนิดจากสภาวะต่างๆ เช่น ฟ้าผ่า, การเปิด-ปิดสวิตช์ของอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่สูงชั่วขณะ เป็นต้น ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้นๆ และพลังงานที่สูงมากเช่นนี้ สามารถสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ทางไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่อง มือที่ใช้ในการควบคุม การประมวลผล ฯลฯ ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย



รูปที่ 2.25 เครื่องป้องกันไฟกระชอก ยี่ห้อ Phoenix Contact

**SURGE (เสิร์จ)** หมายถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าแบบชั่วคราว มีผลทำให้คุณภาพไฟฟ้าของระบบ เช่น ขนาดของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า หรือความถี่ทางไฟฟ้า เกิดความเปลี่ยนแปลงแบบเฉียบพลันในระบบแรงดัน เสิร์จที่เกิดขึ้นจะมีพลังงานสูงมากพอที่จะทำความเสียหายแก่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยเฉพาะอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเกินและมีความคงทนต่ำ จึงทำให้เกิดความเสียหายและผิดพลาดได้ง่าย โดยสาเหตุของการเกิดเสิร์จมีได้หลายสาเหตุ เช่น ปรากฏการณ์ฟ้าผ่า ความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟฟ้า หรือการเปิด-ปิดสวิตช์อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่มีมอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก

Transient (แรงดันสูงชั่วขณะ) และ Surge (ไฟเกิน) เป็นสภาวะที่แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าสูงขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งเกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้า โดยมีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 2,000 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าสูงกว่า 100 แอมแปร์ เกิดขึ้นในระยะเวลาประมาณ 1-10 ไมโครวินาที Transient และ Surge จัดว่าเป็นปัญหาทางไฟฟ้าที่มักเกิดขึ้นอยู่เสมอ และผลกระทบจากปัญหาทางไฟฟ้าเหล่านี้สร้างความเสียหายได้อย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็นทำให้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชำรุดเสียหาย ระบบหยุดทำงาน ทำให้สูญเสียข้อมูล และเวลา ตลอดจนโอกาสทางธุรกิจ เป็นต้น

**สาเหตุของการเกิด Transient และ Surge มีได้หลายสาเหตุ เช่น**

- 1) ปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ฝนตกฟ้าคะนอง, พายุ, ฟ้าผ่า และแผ่นดินไหว ฯลฯ
- 2) เกิดความผิดปกติของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า
- 3) การเปิด-ปิดสวิตช์อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่มีมอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก
- 4) ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มากเกินไป
- 5) สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า

ไม่ว่าจะเป็นคำว่า Surge Protection Device (SPD), Surge Suppression Equipment (SSE) หรือ Transient Voltage Surge Suppressor (TVSS) จะหมายถึงอุปกรณ์ชนิดเดียวกันคือ Surge Protector หรือ “อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ” อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้นๆได้ ซึ่งพลังงานที่สูงมากเช่นนี้สามารถสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ทางไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุม การประมวลผล เป็นต้น

**อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ มีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการ คือ**

1. สร้างบริเวณหนึ่งให้มีความต้านทานต่ำเพื่อให้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้น กลับไปสู่สภาวะปกติ ได้แก่ สายดิน
2. ทำการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปไปยังบริเวณที่สร้างขึ้น (สายดิน) เพื่อป้องกันความเสียหายที่สามารถเกิดขึ้นได้

## การเข้ามาของแรงดันไฟฟ้าเกินในอาคาร

แรงดันไฟฟ้าเกินที่เข้ามาในอาคารที่เป็นสาเหตุทำให้อุปกรณ์เกิดการชำรุดนั้นซึ่งเกิดขึ้นจากเหตุการณ์ฟ้าผ่า สามารถเข้ามาในอาคารได้ดังนี้

1. ทางตัวนำสายไฟฟ้าที่ใช้สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบงานคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร ซึ่งเป็นจุดสำคัญที่เสิร์จะใช้เป็นทางผ่านเข้ามาในอาคารมากที่สุดโดยมีสาเหตุหลักจากเหตุการณ์ฟ้าผ่า การเกิดฟ้าผ่าอาจเกิดขึ้นโดยตรงหรือใกล้เคียงระบบส่ง-จ่ายหรือจำหน่ายไฟฟ้า ผลทำให้เกิดเสิร์จขนาดใหญ่วิ่งตามสายตัวนำไฟฟ้าเพื่อหาจุดลงดิน หรือมีเหตุการณ์ฟ้าผ่าที่ตำแหน่งล่อฟ้าใกล้กับตัวอาคาร ซึ่งด้วยผลของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้น ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำระหว่างกระแสฟ้าผ่ากับสายตัวนำไฟฟ้า และทำให้เกิดเสิร์จที่สายดังกล่าวขึ้นและผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร สุดท้ายเป็นผลทำให้อุปกรณ์ชำรุดเนื่องจากได้รับแรงดันไฟฟ้าเกิน

2. ทางสายโทรศัพท์ สายนำสัญญาณและสายสื่อสารข้อมูลเป็นอีกทางหนึ่งที่กระแสเสิร์จเข้ามาโดยเกิดจากการเหนี่ยวนำเข้ามาของกระแสเสิร์จจากเหตุการณ์ฟ้าผ่าเช่นเดียวกับสายตัวนำไฟฟ้าจากสนามแม่เหล็กที่เกิดจากฟ้าผ่าเข้าไปเหนี่ยวนำวงรอบ (Loop) ใดๆในอาคาร เช่น วงรอบระบบไฟฟ้าหรือระบบสื่อสาร เป็นผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเกินในอาคาร

3. จากระบบการต่อลงดิน ในกรณีระบบมีการต่อลงดินหลายจุดเมื่อมีเหตุการณ์ฟ้าผ่าและมีกระแสฟ้าผ่าไหลลงระบบบรากสายดินจุดหนึ่ง อาจก่อให้เกิดศักย์ไฟฟ้าของจุดลงดินสูงกว่าอีกจุดหนึ่ง เป็นผลทำให้เกิดกระแสไหลวนขึ้นจากระบบดินจุดหนึ่งผ่านอุปกรณ์ต่างๆไปลงดินอีกจุดหนึ่ง ทำให้อุปกรณ์ในระบบเกิดการเสียหายได้

## หลักการทำงานทั่วไปของ Surge Protector

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ ได้รับการออกแบบให้สามารถเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าที่สูง ขึ้นในช่วงเวลาอันสั้นออกจากอุปกรณ์ทางไฟฟ้า โดยสร้างแนวที่มีความต้านทานต่ำเชื่อมต่อไปสู่ตำแหน่งของสายดิน เพื่อให้แรงดันที่สูงขึ้นชั่วขณะไหลไปตามแนวความต้านทานต่ำไปยังสายดิน

## ส่วนประกอบของ Surge Protector

การใช้อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะสำหรับแต่ละลักษณะการใช้งานจะมีความแตกต่างกัน ดังนั้นชิ้นส่วนที่ประกอบอยู่ในอุปกรณ์ก็จะแตกต่างกันด้วย แต่มีจุดมุ่งหมายเช่นเดียวกันคือเพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นในระยะเวลาอันรวดเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ เชื่อถือได้ และตอบสนองต่อพลังงานสูงได้อย่างรวดเร็ว ส่วนมากชิ้นส่วนที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ฯ ที่พบจะต้องมีหน้าที่ทำให้เกิดความต้านทานต่ำ เช่น MOV (Metal Oxide Varistor), Gas Discharge Tube (GDT) และ Silicon Avalanche Diode (SAD) ฯลฯ หรือรวมเอาชิ้นส่วนของอุปกรณ์เหล่านี้เข้าไว้ด้วยกัน

ชิ้นส่วนที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์แต่ละชนิด มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. MOV (Metal Oxide Varistor) จะมีการตอบสนองต่อแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นในช่วงเวลาสั้นได้เร็ว (ประมาณ 20 นาโนวินาที) แต่ถ้ารับกระแสไฟฟ้าสูง (100 A) เข้ามา จะทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ลดลง ภายใต้สภาวะปกติ MOV จะมีความต้านทานสูง แต่เมื่อมีการรับแรงดันไฟฟ้าสูงเข้ามา ความต้านทานของ MOV จะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เพื่อสร้างแนวที่มีความต้านทานต่ำสำหรับให้แรงดันไฟฟ้าสูงไหลไปสู่สายดิน นอกจากนี้ MOV ยังมีความสามารถในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าอีกด้วย

2. Gas Discharge Tube (GDT) มีความสามารถในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่สูงมาก (20 kV) และกระแสไฟฟ้าที่สูงมาก (2500 A) แต่มีการตอบสนองต่อแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นในช่วงเวลาสั้นได้ช้า

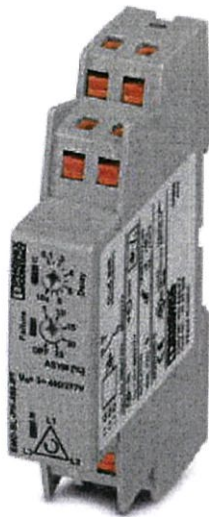
3. Silicon Avalanche Diode (SAD) จะมีการตอบสนองต่อแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นในช่วงเวลาสั้นได้เร็วมาก (ประมาณ 5 นาโนวินาที) และสามารถควบคุมกระแสไฟฟ้าในปริมาณมาก (1000 A) แต่มีความไวต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้า (dv/dt) และสภาวะเกิดข้อผิดพลาด เมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Peak Voltage Failure Modes)

4. นอกเหนือไปจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ก็ได้มีการรวมเอาชิ้นส่วนของอุปกรณ์อื่นๆ เข้าไว้ด้วยกัน ในอุปกรณ์ป้องกันแรงดันสูงชั่วคราว เช่น ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ฯลฯ

### ประโยชน์ของ Surge Protector

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วคราว ช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่สามารถเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ได้ เช่น ปรากฏการณ์ธรรมชาติฟ้าผ่า ปัญหาที่เกิดจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการเหนี่ยวนำไฟฟ้า และสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า

**2.3.3 รีเลย์ตรวจวัดแรงดัน (Monitoring Relay)** ในปัจจุบันระบบไฟฟ้า 3 เฟส มีการใช้อย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมหรือแม้กระทั่งตามบ้านเรือนต่างๆ ถ้าระบบไฟฟ้าเกิดความผิดปกติขึ้น ไม่ว่าจะเป็นแรงดันตก (Under Voltage) แรงดันเกิน (Over Voltage) แรงดันหาย (Phase Loss) แรงดันกลับขั้ว (Phase Sequence) แรงดันไม่สมดุล (Phase Unbalance) สาเหตุต่างๆ เหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อให้กับระบบอย่างมาก Three Phase Monitoring Relay เป็นรีเลย์ตรวจวัดและตัดการทำงานของระบบก่อนที่จะเสียหาย ถ้าเกิดปัญหาตามที่กล่าวมาข้างต้น



รูปที่ 2.26 รีเลย์ตรวจวัดแรงดัน ยี่ห้อ Phoenix Contact

2.3.4 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำงานเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าแบบไม่อัตโนมัติ แต่สามารถเปิดวงจรได้อัตโนมัติ ถ้ามีกระแสไหลผ่านเกินกว่าค่าที่กำหนดโดยไม่มี ความเสียหายเกิดขึ้น

เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) แรงดันต่ำ หมายถึง Breaker ที่ใช้กับแรงดันน้อยกว่า 1000 Volt แบ่งออกได้หลายชนิด ได้แก่ Mold Case Circuit Breaker, Air Circuit Breaker และ Miniature Circuit Breaker

#### โมลเคสเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Mold Case Circuit Breaker)

หมายถึง Breaker ที่ถูกห่อหุ้มมิดชิดโดย Mold 2 ส่วน มักทำด้วย Phenolic ซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้า สามารถทนแรงดันใช้งานได้ เบรกเกอร์แบบนี้มีหน้าที่หลัก 2 ประการคือ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด-ปิดด้วยมือ และเปิดวงจรโดยอัตโนมัติเมื่อมีกระแสไหลเกินหรือเกิดลัดวงจร โดยเบรกเกอร์จะอยู่ในภาวะ Trip ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างตำแหน่ง ON และ OFF เราสามารถ Reset ใหม่ได้โดยกดคั่นโยกให้อยู่ในตำแหน่ง OFF เสียก่อน แล้วค่อยโยกไปตำแหน่ง ON การทำงานแบบนี้เรียกว่า Quick Make, Quick Break ลักษณะของเบรกเกอร์แบบนี้ที่พบเห็นโดยทั่วไปคือ



รูปที่ 2.27 โมลเคสเซอร์กิตเบรกเกอร์ ยี่ห้อ Schneider

โมลเคสเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Mold Case Circuit Breaker) ที่พบบ่อยในท้องตลาดมี 2 ประเภทคือ

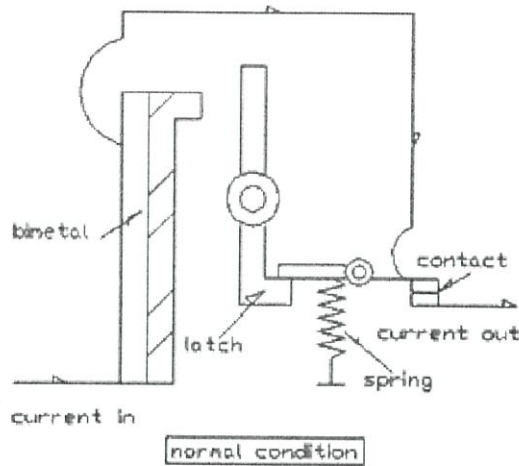
- Thermal Magnetic Circuit Breaker
- Solid State Trip Circuit Breaker

#### Thermal Magnetic Molded Case Circuit Breaker

เบรกเกอร์แบบนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่ทำการปลดวงจรเมื่อกระแสไหลเกิน (Overload) และส่วนที่ทำการปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร (Short Circuit) ดังนี้

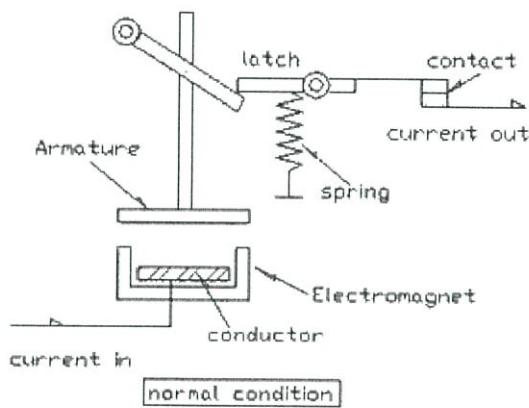
1. Thermal Unit ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อมีกระแสไหลเกิน อันเนื่องมาจากการใช้โหลดมากเกินไป ลักษณะการทำงานดูได้จากรูปที่ 2.28

เมื่อมีกระแสเกินไหลผ่านโลหะ Bimetal (เป็นโลหะ 2 ชนิด ที่มีสัมประสิทธิ์ ทางความร้อน ไม่เท่ากัน) จะทำให้ Bimetal โค้งตัวไปปลดอุปกรณ์ทางกล และทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจรเรียกว่าเกิดการ Trip การปลดวงจรแบบนี้ต้องอาศัยเวลาพอสมควร ขึ้นอยู่กับกระแสในขณะนั้นและความร้อนที่เกิดขึ้นจนทำให้ Bimetal โค้งตัว



รูปที่ 2.28 การทำงานแบบ Thermal unit ของ MCCB

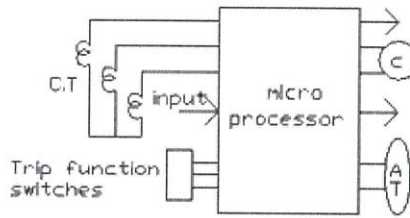
2. Magnetic Unit ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรหรือมีกระแสค่าสูงๆ ประมาณ 8-10 เท่าขึ้นไปไหลผ่าน กระแสจำนวนมากจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูง ดึงให้อุปกรณ์การปลดวงจรทำงานได้ การตัดวงจรแบบนี้เร็วกว่าแบบแรกมาก โอกาสที่ Breaker จะชำรุดจากการตัดวงจรจึงมีน้อยกว่า



รูปที่ 2.29 การทำงานแบบ Magnetic unit ของ MCCB

## Solid State Trip or Electronic Trip Molded Case Circuit Breaker

เป็น Breaker ชนิดหนึ่งที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่วิเคราะห์ กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร



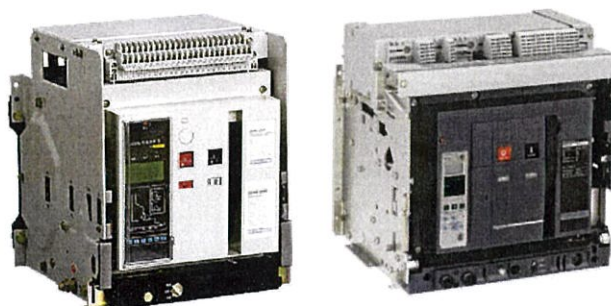
รูปที่ 2.30 Diagram การทำงานของ Solid State Trip ของ MCCB

จากรูปที่ 2.30 จะเห็นว่า มี CT (Current Transformer) อยู่ภายในตัว Breaker ทำหน้าที่แปลงกระแสจากด้าน INPUT ให้ต่ำลง ตามอัตราส่วนของ CT เพื่อส่งไปยัง Microprocessor ซึ่งจะคอยวิเคราะห์กระแส หากมีค่าเกินกว่าที่กำหนดจะสั่งให้ Tripping Coil ซึ่งหมายถึง Solenoid Coil อุปกรณ์ทางกลให้ เซอร์คิตเบรกเกอร์ปลดวงจร

ที่ด้านหน้าของเบรกเกอร์ชนิดนี้จะมีปุ่มปรับค่ากระแสปลดวงจรเวลาปลดวงจรและอื่นๆนอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งอุปกรณ์เสริมที่เรียกว่า Ammeter & Fault Indicator ซึ่งสามารถแสดงสาเหตุการ Fault ของวงจรและค่ากระแสได้ ทำให้ทราบสาเหตุของการปลดวงจรได้

## แอร์เซอร์คิตเบรกเกอร์ (Air Circuit Breaker)

เป็นเบรกเกอร์ที่ใช้กับแรงดัน < 1000 Volt มีขนาดใหญ่ใช้เป็นเซอร์คิตเบรกเกอร์หลัก (Main Circuit Breaker) โดยทั่วไปมีพิสัยกระแสตั้งแต่ 225-6300 A และมี Interrupting Capacity สูงตั้งแต่ 35-150 KA โครงสร้างทั่วไปทำด้วยเหล็กมีช่องดับอาร์ค (Arcing Chamber) ที่ใหญ่ แข็งแรง เพื่อให้สามารถรับกระแสตัดวงจรจำนวนมากได้ แอร์เซอร์คิตเบรกเกอร์ที่มีขายในท้องตลาดมักใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตรวจจับ และวิเคราะห์กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร



รูปที่ 2.31 แอร์เซอร์คิตเบรกเกอร์ในท้องตลาด

## มินิเอเจอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Miniature circuit breaker)

เป็นเบรกเกอร์ขนาดเล็กใช้ติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย (Load Center) หรือ แผงจ่ายไฟฟ้าประจำห้องพักอาศัย (Consumer Unit) เบรกเกอร์ชนิดนี้ไม่สามารถปรับตั้งค่ากระแสตัดวงจรได้ มีทั้งแบบ 1 Pole, 2 Pole และ 3 Pole อาศัยกลไกการปลดวงจรทั้งแบบ Thermal และ Magnetic มีรูปร่างทั่วไปดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 มินิเอเจอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ ยี่ห้อ Schneider

## 2.4 สายไฟฟ้า (Wire)

### 2.4.1 ชนิดของสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าเป็นสื่อกลางในการนำเอากำลังไฟฟ้าจากแหล่งต้นกำลังไปยังสถานที่ต่างๆที่ต้องการใช้ไฟฟ้า จะพิจารณาจากข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

1. ความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด โดยไม่ทำให้ฉนวนของสาย (Insulated) ได้รับความเสียหาย ซึ่งสามารถดูเปรียบเทียบได้จากตารางสำเร็จรูป โดยที่ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าขนาดต่างๆดังกล่าวเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้า

2. แรงดันไฟฟ้าที่สายไฟฟ้าทนได้ ส่วนใหญ่ผู้ผลิตจะพิมพ์ติดไว้ที่ฉนวนด้านนอกของสายไฟฟ้า เช่น 300V หรือ 750V เป็นต้น

3. อุณหภูมิแวดล้อมขณะใช้งาน เช่น 60°C หรือ 70°C เป็นต้น

4. ชนิดของฉนวน เช่น ฉนวนพีวีซี (PVC) หรือที่เรียกว่าโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride) เหมาะสำหรับการเดินสายไฟฟ้าในอาคารทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากพลาสติกพีวีซีมีความอ่อนตัวสามารถดัดโค้งงอได้ทนต่อความร้อนเหนียวและไม่เปื่อยง่าย ฉนวนพลาสติกอีกชนิดหนึ่งคือ ครอสลิงก์โพลีเอทิลีน (Cross Linked Polyethylene : XLPE) ซึ่งเป็นสายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนหนาพิเศษ จึงสามารถรับแรงกระแทกได้มากขึ้น

5. ลักษณะการนำไปใช้งาน โดยพิจารณาจากลักษณะการติดตั้ง สถานที่ใช้งาน สภาพความแข็งแรงของสายไฟฟ้า ทั้งนี้จะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับสายไฟฟ้าแต่ละชนิดด้วย

ข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับสายไฟฟ้าที่ควรทราบมีดังนี้

1. สีของฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า โค้ดสีมาตรฐานมีดังนี้

**มาตรฐานสายไฟฟ้าใหม่ 11-2553**

**เปรียบเทียบสีเดิมกับสีใหม่**

	สีเดิม	สีใหม่
L1	 ดำ	 น้ำตาล
L2	 แดง	 ดำ
L3	 น้ำเงิน	 เทา
N	 เทา	 ฟ้า
G	 เขียวแถบเหลือง	 เขียวแถบเหลือง

รูปที่ 2.33 สีของฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า โค้ดสีมาตรฐานตาม มอก.11-2553 เปรียบเทียบกับ มอก.11-2531

ในมาตรฐานสายไฟ มอก. 11-2553 ได้มีการกำหนดการระบุสีของแกนสายไฟฟ้าว่าการแสดงด้วยสีจะต้องไม่เกิน 5 แกน และต้องหลีกเลี่ยงสีขาว และแดง ซึ่งให้กำหนดรูปแบบสีดังนี้

1. สายแกนเดี่ยว : ไม่ระบุสี
2. สาย 2 แกน : ฟ้า ( N ), น้ำตาล ( L )
3. สาย 3 แกน : เขียวแถบเหลือง ( G ), ฟ้า ( N ), น้ำตาล ( L ) หรือน้ำตาล ( L1 ), ดำ ( L2 ), เทา ( L3 )
4. สาย 4 แกน : เขียวแถบเหลือง ( G ), น้ำตาล ( L1 ), ดำ ( L2 ), เทา ( L3 )
5. สาย 5 แกน : เขียวแถบเหลือง ( G ) ฟ้า ( N ), น้ำตาล ( L ), ดำ ( L2 ), เทา ( L3 )

และนอกจากนี้การกำหนด Code สีตามระบบเฟสนั้น จะต้องระบุเป็น

**ระบบ 1 เฟส**

- สายเฟส ฉนวนต้องเป็น สีน้ำตาล
- สายนิวทรัล ฉนวนต้องเป็น สีฟ้า
- สายดิน ฉนวนต้องเป็น สีเขียวแถบเหลือง

**ระบบ 3 เฟส**

- สายเฟส A ฉนวนต้องเป็น สีน้ำตาล
- สายเฟส B ฉนวนต้องเป็น สีดำ
- สายเฟส C ฉนวนต้องเป็น สีเทา
- สายนิวทรัล ฉนวนต้องเป็น สีฟ้า
- สายดิน ฉนวนต้องเป็น สีเขียวแถบเหลือง

ชนิดของสายหุ้มฉนวน สายที่นิยมใช้ในงานติดตั้งไฟฟ้าทั่วไป ที่ควรทราบได้แก่ สาย VAF, VFF, VSF, THW, VCT และสาย NYY

1. สาย VAF เนื่องจากมีรูปทรงแบนจึงเรียกว่า สายแบนแกนคู่ ภายในประกอบด้วยสายทองแดงจำนวนสองเส้นหุ้ม ด้วยฉนวนพีวีซีสองชั้นหรือ (PVC/PVC) ดังรูปที่ 2.34 เหมาะสำหรับงานเดิน สายไฟฟ้า ด้วยเข็มขัดรัดสาย เนื่องจากสามารถดัดโค้งงอได้ดี พิกัดแรงดัน 300 โวลต์ อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส มีหลายขนาด เช่น 2 × 5 (ม.ม.) 2 หมายถึงภายในสาย VAF ประกอบด้วยสายจำนวน 2 เส้น แต่ละเส้นมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 1.5 ตารางมิลลิเมตร เป็นต้น



รูปที่ 2.34 ตัวอย่างสาย VAF

2. สาย VFF ภายในประกอบด้วยสายทองแดงฝอยจำนวนสองแกนหุ้มด้วยฉนวน พีวีซีชั้นเดียว (PVC Insulated) ดังรูปที่ 2.35 เหมาะสำหรับงานที่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อยๆ พิกัดแรงดันและอุณหภูมิใช้งานเหมือนกับสาย VAF



รูปที่ 2.35 ตัวอย่างสาย VFF

3. สาย VSF ภายในประกอบด้วยสายทองแดงฝอยหุ้มด้วยฉนวนพีวีซีชั้นเดียว จำนวนงาน เหมือนกับสาย VAF



รูปที่ 2.36 ตัวอย่างสาย VFF

4. สาย THW ภายในประกอบด้วยสายทองแดงตันเส้นเดียว หุ้มด้วยฉนวนพีวีซีชั้นเดียวดังรูปที่ 2.37 ใช้สำหรับติดตั้งในท่อร้อยสายพิกัดแรงดัน 750 โวลต์ อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส

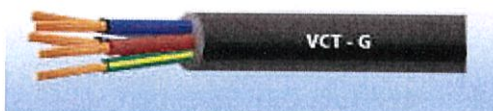


รูปที่ 2.37 ตัวอย่างสายTHW

5. สาย VCT ภายในประกอบด้วยสายทองแดงฝอยจำนวน 2 แกน หรือมากกว่า หุ้มฉนวนสองชั้น ดังรูปที่ 2.38 ใช้ต่อเข้ากับปลั๊กตัวผู้ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ และอื่นๆ พิกัดแรงดันและอุณหภูมิใช้งานเหมือนกับสาย THW

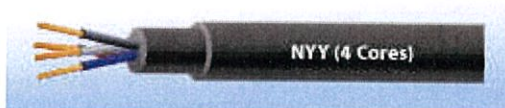


รูปที่ 2.38 ตัวอย่างสาย VCT 4 แกน



รูปที่ 2.39 ตัวอย่างสาย VCT 4 แกน มีสายดิน(G)

6. สาย NYY ภายในประกอบด้วยสายทองแดงจำนวนสองแกนหรือมากกว่า หุ้มด้วยฉนวนสามชั้น ดังรูปที่ 2.40 เหมาะสำหรับการเดินสายใต้ดินโดยตรงหรือใช้งานทั่วไป บางชนิดจะมีแผ่นเหล็กเป็นเกราะกำบัง พิกัดแรงดันและอุณหภูมิใช้งานเหมือนกับสาย VCT



รูปที่ 2.40 ตัวอย่างสาย NYY 4 แกน



รูปที่ 2.41 ตัวอย่างสาย NYV มีสายดิน

#### 2.4.2 การใช้งานสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.11-2531 ได้กำหนดชนิดของสายไฟฟ้าและลักษณะการติดตั้งไว้ดังตารางที่ 2.1 ,รูปแบบการติดตั้งตารางที่ 2.2 ,ตารางที่ 2.3 และค่าตัวคูณคงที่เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าที่ผลิตตาม มอก. 11-2531

อุณหภูมิขณะใช้งาน 70 องศาเซลเซียส

สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ตารางที่	แรงดันใช้งาน (V)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
1 (IV)	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน</li> <li>- เดินในท่อหรือช่องเดินสายในสถานที่แห้ง</li> <li>- ห้ามร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง</li> </ul>
2 (VAF)	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	<ul style="list-style-type: none"> <li>สายกลม</li> <li>- เดินลอย</li> <li>- เดินเกาะผนัง</li> <li>- เดินซ่อน(conceal)ในผนัง</li> <li>- เดินในท่อหรือช่องเดินสาย</li> <li>- เดินร้อยท่อ (conduit) ฝังดินได้ แต่ต้องป้องกันไม่ให้ น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ</li> <li>- ห้ามฝังดินโดยตรง</li> </ul> <p>สายแบน</p>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- เดินเกาะผนัง</li> <li>- เดินซ่อนในผนัง</li> <li>- ห้ามฝังดินโดยตรง</li> <li>- เดินฝังในผนังปูนฉาบ</li> </ul>
3 (VVR)	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้งานได้ทั่วไป</li> <li>- ห้ามฝังดินโดยตรง</li> </ul>
4 (THW)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน</li> <li>- เดินในท่อหรือช่องเดินสาย ในสถานที่แห้ง</li> <li>- ห้ามฝังดินโดยตรง</li> <li>- ร้อยท่อฝังดินได้ แต่ต้องป้องกัน ไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อ และป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่ น้ำ</li> </ul>
5 (VVF)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	<p>สายกลม</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เดินลอย</li> <li>- เดินเกาะผนัง</li> <li>- เดินฝังในผนังปูนฉาบ</li> <li>- เดินซ่อนในผนัง</li> <li>- เดินในท่อหรือช่องเดินสาย</li> <li>- เดินร้อยท่อ ฝังดินได้ แต่ต้อง ป้องกัน</li> <li>ไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกัน ไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ</li> </ul> <p>สายแบน</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เดินเกาะผนัง</li> <li>- เดินซ่อนในผนัง</li> <li>- ห้ามฝังดินโดยตรง</li> <li>- เดินฝังในผนังปูนฉาบ</li> </ul>
6 (NYY)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้งานได้ทั่วไป</li> <li>- ฝังดินโดยตรง</li> </ul>

7 (NYY)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ผังดินโดยตรง
8 (NYY-N)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ผังดินโดยตรง
9 (VAF-G)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้ต่อเข้าเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้า
10 (VFF)	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้ต่อเข้าเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า ชนิดหีบยกได้และใช้ ต่อเข้าดวงโคม
11 (VAF-G)	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- เดินเกาะผนัง - เดินซ่อนในผนัง - เดินฝังในผนังปูนฉาบ - ห้ามร้อยท่อผังดินหรือผังดิน โดยตรง
12 (VWR-G)	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ห้ามผังดินโดยตรง
13 (VWF-G)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- เดินเกาะผนัง - เดินซ่อนในผนัง - เดินฝังในผนังปูนฉาบ - ห้ามผังดินโดยตรง
14 (NYY-G)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ผังดินโดยตรง
15 (VCT-G)	750	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้ต่อเข้าเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้า
16 (VFF-G)	300	ใช้ในสถานที่แห้ง และสถานที่เปียก	- ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหีบ ยกได้และต่อเข้าดวงโคม

ตารางที่ 2.2 ขนาดกระแสไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี ตาม มอก. 11-2534 อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 300 หรือ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) และ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ)

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)						
	วิธีการเดินสาย						จ
	ก	ข	ค		ง		
ท่อโลหะ			ท่ออโลหะ	ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ		
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	514	469	684	516	623

ตารางที่ 2.3 ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้ง

วิธีการเดินสาย	ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้ง
ก	<ul style="list-style-type: none"> <li>สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ</li> </ul>
ข	<ul style="list-style-type: none"> <li>สายแบบหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง</li> </ul>
ค	<ul style="list-style-type: none"> <li>สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อในอากาศ ในท่อฝังในผนังปูนฉาบ หรือในท่อฝ้าเพดาน</li> </ul>
ง	<ul style="list-style-type: none"> <li>สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อฝังดิน</li> </ul>
จ	<ul style="list-style-type: none"> <li>สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง</li> </ul>

ตารางที่ 2.4 ค่าตัวคูณคงที่เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (สูงหรือต่ำกว่าตารางที่ 2.2)

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ตัวคูณ	
	วิธีเดินสาย ก-ค	วิธีเดินสาย ง และ จ
21-25	-	1.06
26-30	-	1
31-35	1.08	0.94
36-40	1	0.87
41-45	0.91	0.79
46-50	0.82	0.71
51-55	0.71	-
56-60	0.58	-

### บทที่ 3

## ขั้นตอนการออกแบบตู้คอนโทรล

#### 3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของขอบเขตการดำเนินงาน และวิธีการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆของโครงการ รายละเอียดของการออกแบบตู้ การเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่อยู่ในบริษัทของลูกค้า การออกแบบระบบเซฟตี้ เป็นต้น

#### 3.2 รวบรวมเอกสารและรายละเอียดความต้องการของลูกค้า

ก่อนเริ่มต้นการออกแบบขั้นแรกต้องเริ่มจากการขอรายละเอียดข้อมูลของ มอเตอร์ เซนเซอร์ ระบบที่มีอยู่ภายในสายการผลิตของลูกค้า ระบบไฟภายในบริษัท และความต้องการพิเศษของลูกค้า

##### 3.2.1 รายละเอียดสเปคของมอเตอร์ภายในสายการผลิต

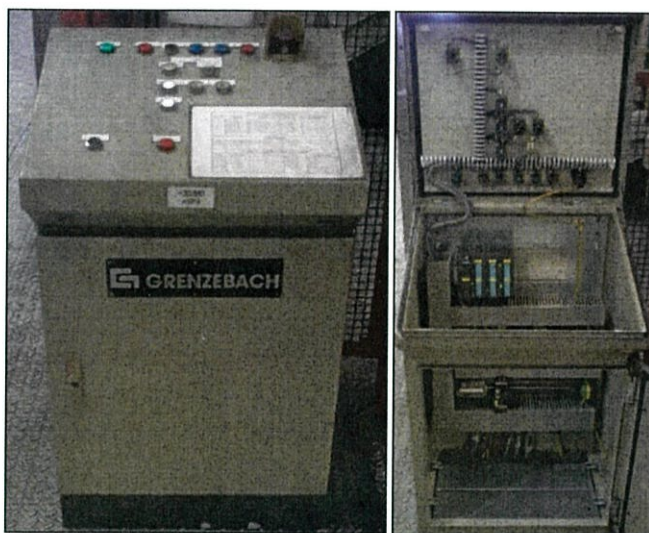
E-8816 KILN CHAIN DRIVE DECK#01	Data Motor		Value	Unit	MCC03-Motor-02	MCC03-VFD01 7.5kW
	Rated motor voltage		400	Vrms		
Rated motor current		2.85	Arms			
Rated motor power	3 HP	2.238	kW			
Rated motor power factor						
Rated motor frequency		50	Hz			
Rated motor speed		1500	rpm			
Motor rated magnetizing current/short-circuit current			Arms			
Maximum motor speed			rpm			
E-8822 KILN CHAIN DRIVE DECK#02	Data Motor		Value	Unit	MCC03-Motor-03	MCC03-VFD02 7.5kW
Rated motor voltage		400	Vrms			
Rated motor current		2.85	Arms			
Rated motor power	3 HP	2.238	kW			
Rated motor power factor						
Rated motor frequency		50	Hz			
Rated motor speed		1500	rpm			
Motor rated magnetizing current/short-circuit current			Arms			
Maximum motor speed			rpm			
E-1901 KILN CHAIN DRIVE DECK#03	Data Motor		Value	Unit	MCC03-Motor-04	MCC03-VFD03 7.5kW
Rated motor voltage		400	Vrms			
Rated motor current		2.85	Arms			
Rated motor power	3 HP	2.238	kW			
Rated motor power factor						
Rated motor frequency		50	Hz			
Rated motor speed		1500	rpm			
Motor rated magnetizing current/short-circuit current			Arms			
Maximum motor speed			rpm			
E-1908 KILN CHAIN DRIVE DECK#04	Data Motor		Value	Unit	MCC03-Motor-05	MCC03-VFD04 7.5kW
Rated motor voltage		400	Vrms			
Rated motor current		2.85	Arms			
Rated motor power	3 HP	2.238	kW			
Rated motor power factor						
Rated motor frequency		50	Hz			
Rated motor speed		1500	rpm			
Motor rated magnetizing current/short-circuit current			Arms			
Maximum motor speed			rpm			

รูปที่ 3.1 เอกสารรายละเอียดของมอเตอร์ที่มีอยู่ภายในสายการผลิต





รูปที่ 3.4 ตัวอย่างตู้ OP2 ของเดิม



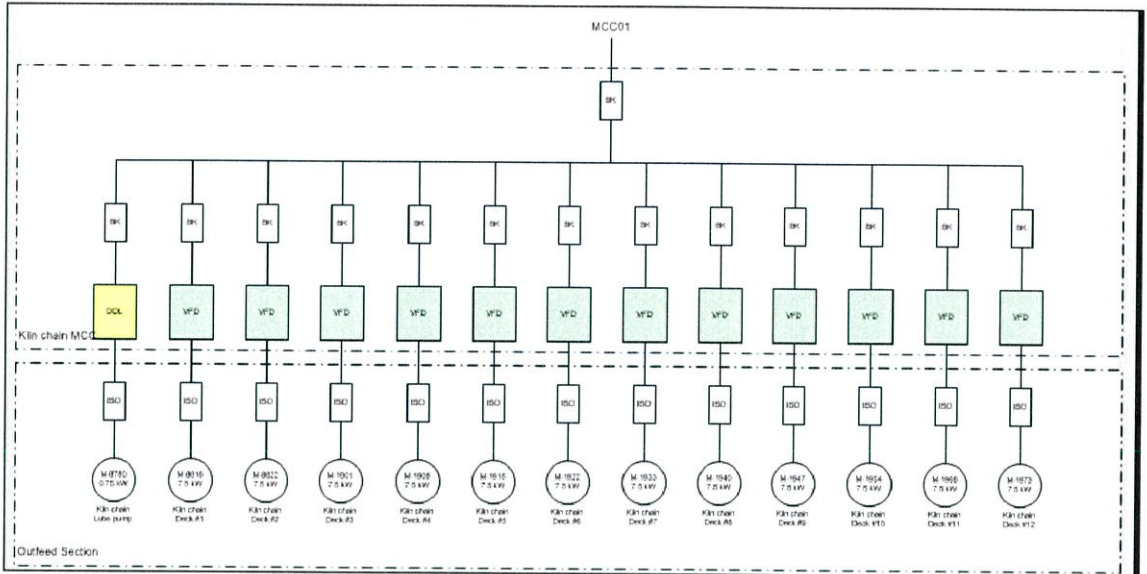
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างตู้ OP8 ของเดิม

### 3.2.4 จำนวนมอเตอร์ในสายการผลิต

ในสายการผลิตที่ 1 เฟสที่ 3 จะมีมอเตอร์จำนวน 44 ตัว แบ่งเป็นมอเตอร์ควบคุมชนิด VFD จำนวน 15 ตัว และชนิด DOL จำนวน 29 ตัว และสามารถแบ่งมอเตอร์ออกได้เป็น 4 โซน ตามกระบวนการทำงานของสายการผลิต ดังนี้

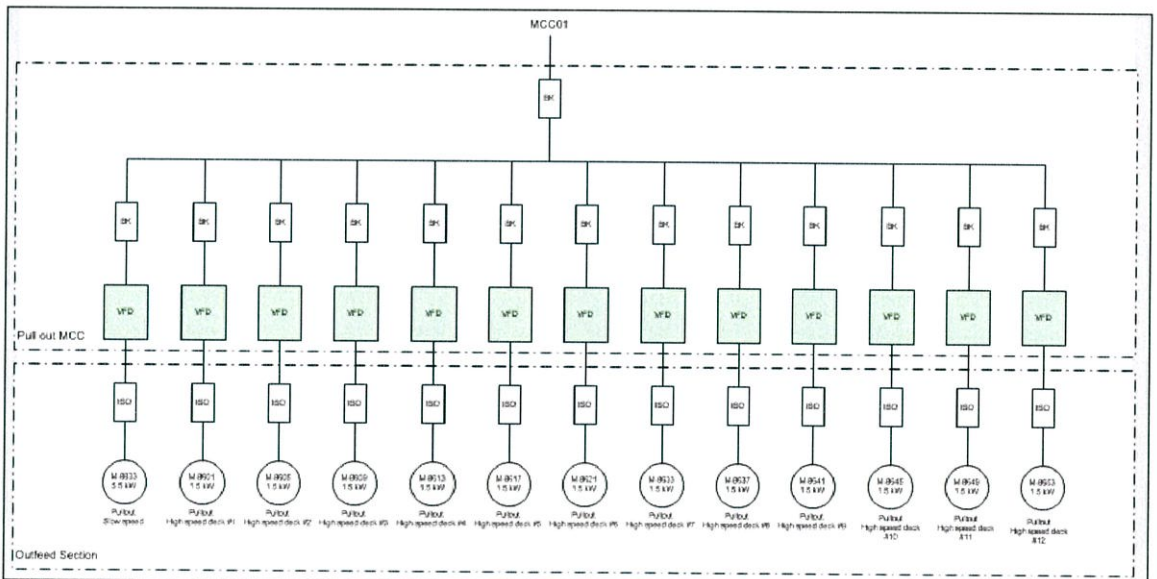
1. Kiln Chain
2. Pullout
3. Cadcade
4. Dry Board

1. มอเตอร์ในโซน Kiln Chain มีมอเตอร์ควบคุมชนิด DOL จำนวน 1 ตัว และชนิด VFD จำนวน 12 ตัว ในรูปที่ 3.6 สีเหลืองหมายถึงมอเตอร์ควบคุมชนิด DOL ส่วนสีเขียวหมายถึงมอเตอร์ควบคุมชนิด VFD



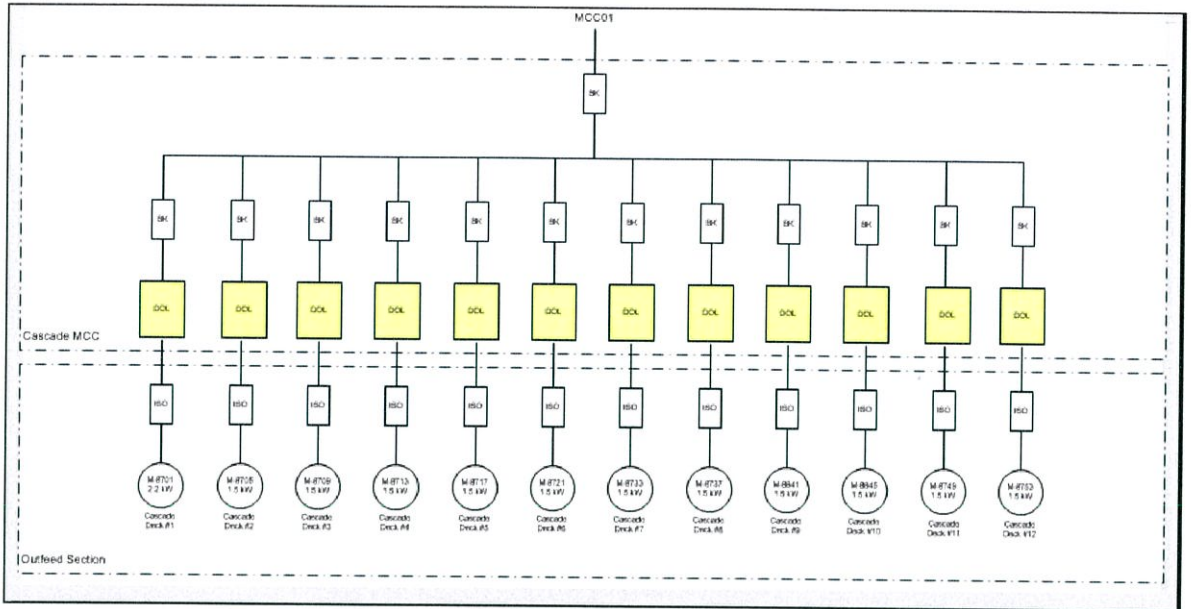
รูปที่ 3.6 มอเตอร์ในโซน Kiln chain

2. มอเตอร์ในโซน Pullout มีมอเตอร์ควบคุมชนิด VFD จำนวน 13 ตัว



รูปที่ 3.7 มอเตอร์ในโซน Pull out

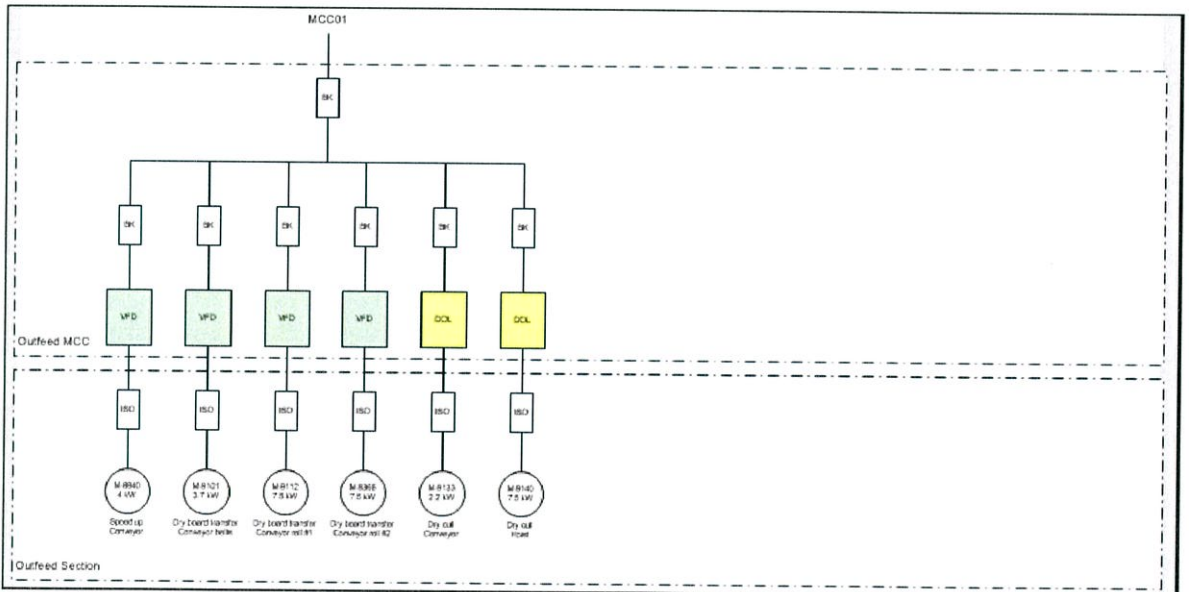
3. มอเตอร์ในโซน Cascade มีมอเตอร์ควบคุมชนิด DOL จำนวน 12 ตัว



รูปที่ 3.8 มอเตอร์ในโซน Cascade

4. มอเตอร์ในโซน Dry Board มีมอเตอร์ควบคุมชนิด DOL จำนวน 2 ตัว และชนิด VFD จำนวน

4 ตัว



รูปที่ 3.9 มอเตอร์ในโซน Dry Board

จากการที่มอเตอร์ในสายการผลิตถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มโซนตามกระบวนการทำงานในสายการผลิต ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของมอเตอร์แต่ละตัวและแต่ละโซน จึงมีการออกแบบให้มีเบรกเกอร์เป็นสะพานไฟในแต่ละโซน และมีเบรกเกอร์มอเตอร์ควบคุมมอเตอร์แต่ละตัว

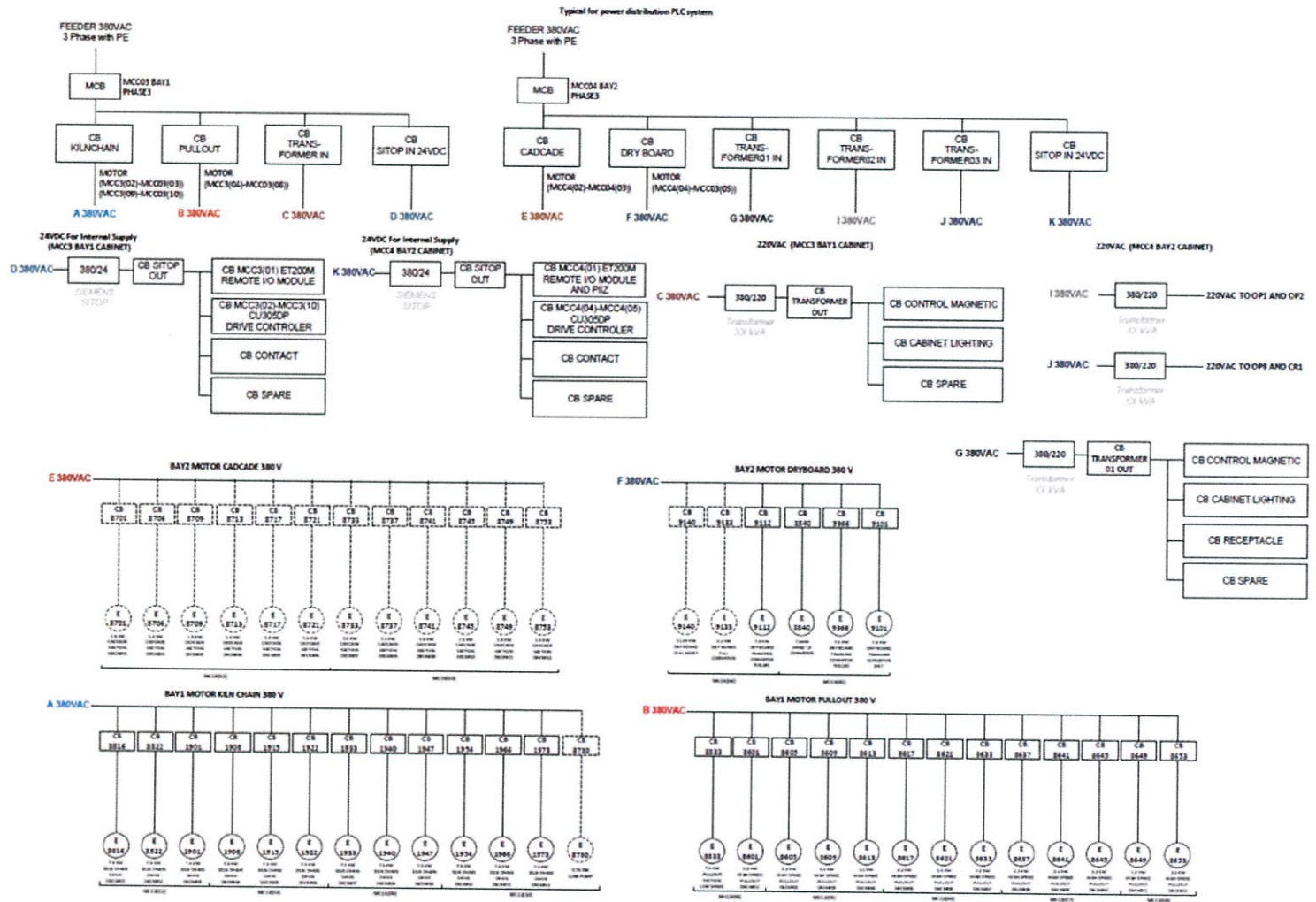
### 3.2.5 รายละเอียดอื่นๆของตู้คอนโทรล

เป็นรายละเอียดและความต้องการเป็นพิเศษของลูกค้าสำหรับตู้คอนโทรล

- Remote PLC Card, VFD, PSU ให้ใช้ยี่ห้อ SIEMENS เนื่องจาก PLC ที่เป็น CPU ของโรงงาน เป็นยี่ห้อนี้
- อุปกรณ์อื่นๆ ภายในตู้ให้ใช้ของยี่ห้อ SCHNEIDER
- Terminal ให้ใช้ของยี่ห้อ WAGO แบบ Spring Type

### 3.3 ออกแบบ OVERVIEW ระบบไฟฟ้าในโครงการ

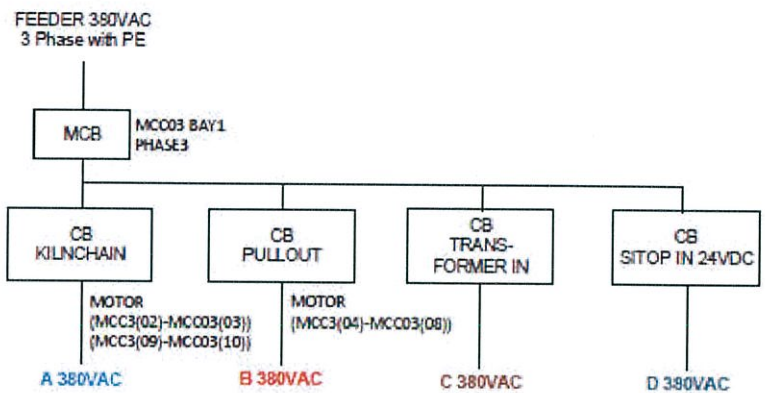
จัดทำเอกสาร Typical of Power Distribution เอกสารนี้จะอธิบายภาพรวมของระบบไฟฟ้าในตู้คอนโทรลที่จะสร้างขึ้น ตั้งแต่แหล่งจ่ายไฟจากโรงงานผ่านเบรกเกอร์อะไรบ้าง ก่อนที่จะมาถึงมอเตอร์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เป็นการสรุปจำนวนเบรกเกอร์ที่ต้องใช้ภายในโครงการ



รูปที่ 3.10 เอกสาร Typical of Power Distribution

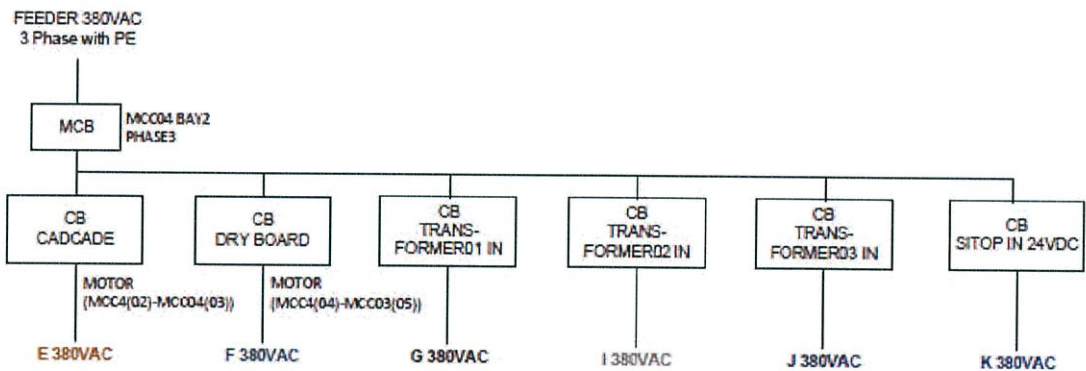
รายละเอียดของเอกสาร Typical of Power Distribution มีดังนี้

1. การต่อไฟจากตู้ Feeder ซึ่งเป็นตู้ไฟฟ้าที่มีอยู่ในโรงงานอยู่แล้ว ผ่านเมนเบรกเกอร์ไปยังเบรกเกอร์ขอมอเตอร์โซนต่างๆ หม้อแปลง (Transformer) เพื่อแปลงไฟ 380VAC ไปเป็น 220VAC เพื่อใช้ในตู้คอนโทรล Power Supply ที่แปลงไฟ 380VAC เป็น 24VDC เพื่อใช้ในตู้คอนโทรล



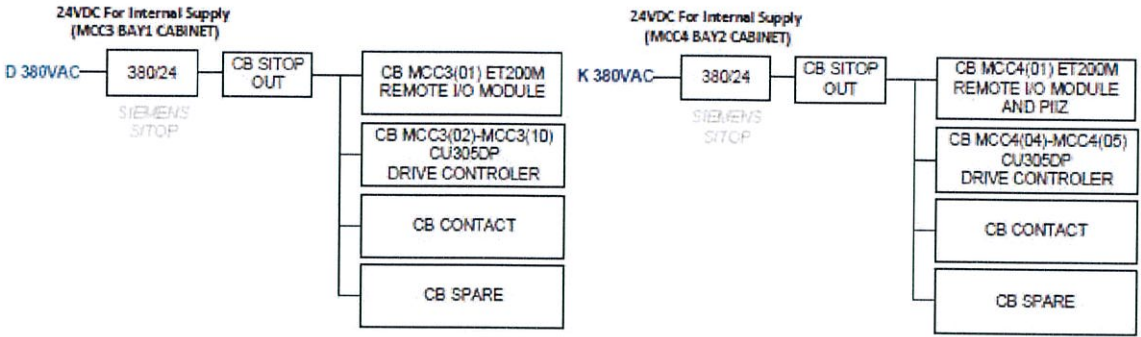
รูปที่ 3.11 จำนวนเบรกเกอร์ที่ต่อมาจากเมนเบรกเกอร์ของตู้คอนโทรล MCC03

ในส่วนของตู้ คอนโทรล MCC04 จะต่างกับตู้ MCC03 ตรงที่จะมีหม้อแปลงเพื่อแปลงไฟ 380VAC ไปเป็น 220VAC เพื่อลากไปยัง ตู้ OP1, OP2, OP8 และ CR1 ดังนั้นจำนวนเบรกเกอร์จึงมีเพิ่มเข้ามา



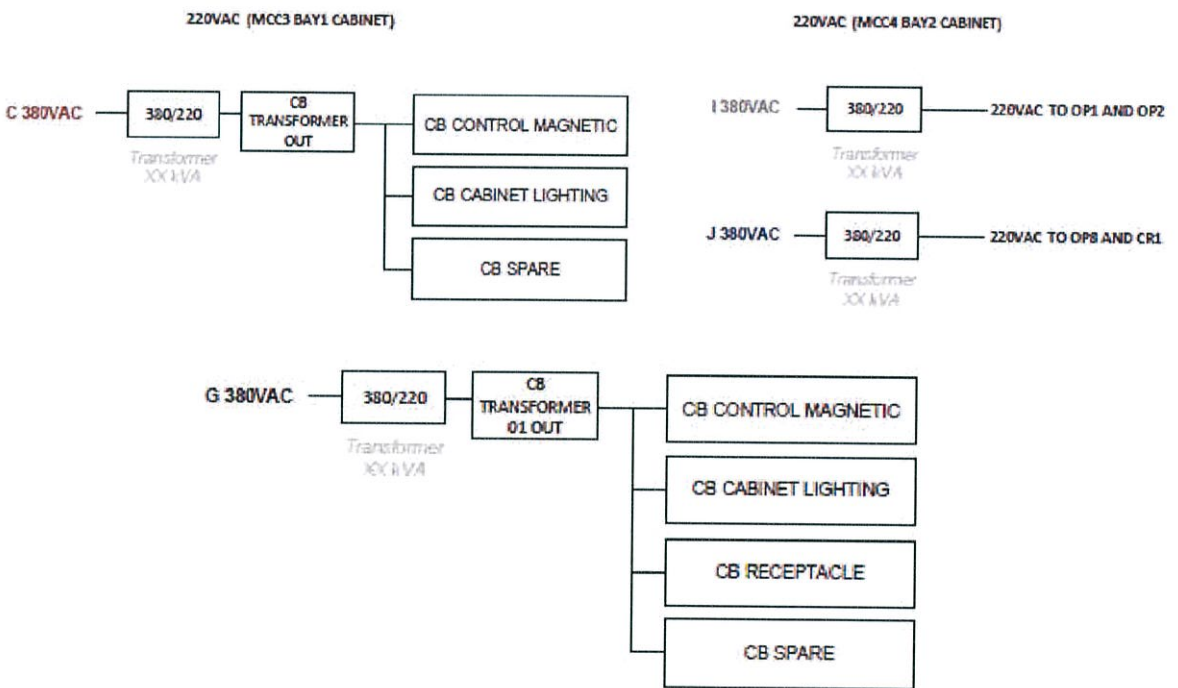
รูปที่ 3.12 จำนวนเบรกเกอร์ที่ต่อมาจากเมนเบรกเกอร์ของตู้คอนโทรล MCC04

2. รายละเอียดของเบรกเกอร์ที่ต่อมาจาก Power Supply ที่แปลงไฟ 380VAC เป็น 24VDC ซึ่งไฟ 24 VDC ที่ใช้ภายในตู้คอนโทรล จะเป็นประกอบไปด้วย เบรกเกอร์สำหรับการ์ด PLCต่างๆ เบรกเกอร์ที่ต่อไปยังชุดคอนโทรล VFD ภายในตู้ เบรกเกอร์สำหรับไปยังคอนแทคต่างๆ และเบรกเกอร์สำรอง



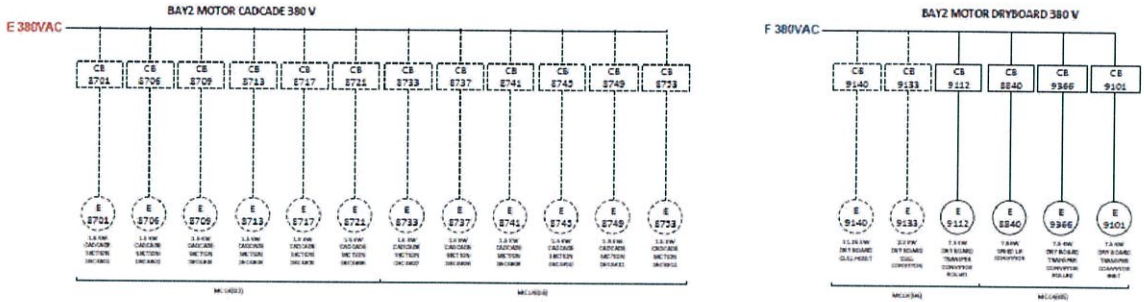
รูปที่ 3.13 จำนวนเบรกเกอร์ที่ต่อมาจาก Power Supply 380VAC/24VDC ของตู้ MCC03 และ MCC04

3. เบรกเกอร์ที่ต่อมาจากหม้อแปลง 380VAC/220VAC ที่ใช้ภายในตู้คอนโทรลและที่ส่งออกไปตู้ OP และ CR1 เบรกเกอร์ที่ใช้ภายในตู้จะประกอบไปด้วย เบรกเกอร์สำหรับ Coil ของ Magnetic Contactor เบรกเกอร์สำหรับไฟแสงสว่างบนตู้ เบรกเกอร์สำหรับปลั๊กไฟในตู้ และเบรกเกอร์สำรอง

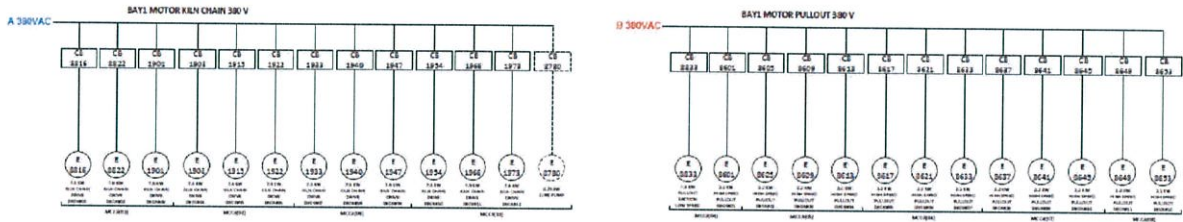


รูปที่ 3.14 จำนวนเบรกเกอร์ที่ต่อมาจากหม้อแปลง 380VAC/220VAC ของตู้ MCC03 และ MCC04

4. เบรกเกอร์มอเตอร์ที่แบ่งตามโซนต่างๆ ซึ่งในแต่ละโซนจะต่อมาจากเบรกเกอร์ควบคุมไฟในแต่ละโซนในข้อที่ 1



รูปที่ 3.15 จำนวนเบรกเกอร์มอเตอร์ในตู้ MCC04 แบ่งตามโซน Cascade และ Dry Board



รูปที่ 3.16 จำนวนเบรกเกอร์มอเตอร์ในตู้ MCC03 แบ่งตามโซน Kiln Chain และ Pullout

### 3.4 คำนวณหา Power Consumption ในแต่ละตู้

ในการหาขนาดของเบรกเกอร์ต่างๆที่ใช้ จำเป็นต้องทราบขนาดของกระแสที่ไหลผ่านหรือกำลังไฟฟ้าที่เบรกเกอร์ตัวนั้นรับได้เพื่อป้องกันการปลดวงจรในสภาวะการทำงานปกติ ซึ่งวิธีการทำเอกสารมีขั้นตอนการทำดังนี้

#### 3.4.1 หากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละอุปกรณ์ทางไฟฟ้าภายในตู้

ในคู่มือ (Manual) ของแต่ละอุปกรณ์ทางไฟฟ้าจะอธิบายเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่อุปกรณ์ทางไฟฟ้านั้นต้องการ อย่างไรก็ตาม คู่มือของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอาจหาได้จากเว็บของผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ

ตัวอย่างเช่น Safety Relay ยี่ห้อ Pilz รุ่น PNOZ S5 ใช้กำลังไฟฟ้า 4.0 W จากคู่มือมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.17

Electrical data	750105	750135	751105	751135	751185
Supply voltage					
Voltage	24 V	48 - 240 V	24 V	48 - 240 V	24 V
Type	DC	AC/DC	DC	AC/DC	DC
Voltage tolerance	-15 %/+10 %	-15 %/+10 %	-15 %/+10 %	-15 %/+10 %	-15 %/+10 %
Output of external power supply (AC)	–	8,0 VA	–	8,0 VA	–
Output of external power supply (DC)	4,0 W	4,0 W	4,0 W	4,0 W	4,0 W
Frequency range AC	–	50 - 60 Hz	–	50 - 60 Hz	–
Residual ripple DC	20 %	160 %	20 %	160 %	20 %
Continuous duty	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

รูปที่ 3.17 รายละเอียดของ Safety Relay ยี่ห้อ Pilz ที่หาได้จากคู่มือ

### 3.4.2 ลงรายการกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละอุปกรณ์

จุดบันทึกรายการของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าภายในตู้คอนโทรล กำลังไฟฟ้าที่ต้องการ และจำนวน เพื่อคำนวณกำลังไฟฟ้าผลรวมของอุปกรณ์ทางไฟฟ้า โดยแบ่งกลุ่มอุปกรณ์ทางไฟฟ้าตามชนิดเบรกเกอร์ตามเอกสาร Typical of Power Distribution ทั้งนี้ก็เพื่อให้ง่ายต่อการเลือกขนาดเบรกเกอร์, สายไฟ, บัสบาร์ ทองแดงต่อไป

#### ตัวอย่าง การทำ Power Consumption ของตู้ MCC04

นำกำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ในอุปกรณ์ทางไฟฟ้าแต่ละตัวคูณด้วยจำนวนอุปกรณ์ทางไฟฟ้าจะได้กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ทางไฟฟ้านั้น จากนั้นรวมกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าทุกตัวโดยแบ่งตามเบรกเกอร์เพื่อใช้ในการหาขนาดของเบรกเกอร์ที่เหมาะสม

**Power Load Consumption and Heat Dissipation for PLC Control System at Take-off Line Phase3**  
**Section A1: 24VDC Power Load Consumption for MCC04**

**PLC REMOTE I/O SYSTEM MCC04 Cabinet (5 BAY) PHASE 3**

No.	Description	Power Consumption (Watt)	Qty	Total Power Consumption (Watt)	Total Cooling Load (BTU/Hr)
<b>MAIN REMOTE IO MCC03 RACK</b>					
1	SIMATIC DP, INTERFACE IM 153-1, FOR ET 200M, FOR MAX. 8 S7-300 MODULES	15.00	1	15.00	51.18
2	SIMATIC S7-300, DIGITAL INPUT SM 321, OPTICALLY ISOLATED 32DI, 24 V DC, 1 X 40 PIN	0.36	2	0.72	2.46
3	SIMATIC S7-300, DIGITAL OUTPUT SM 322, OPTICALLY ISOLATED, 32DO, 24V DC, 0.5A, 1 X 40 PIN, SUM OF OUTPUT CURRENTS 4A/GROUP	2.64	1	2.64	9.01
<b>24VDC Power VAIRY FREQUENCY DRIVE CONTROLLER</b>					
4	CU305 PN / CU305 DP / CU305 CAN Control Units	27.60	4	110.40	376.68
<b>24VDC Power Load Consumption Outside supply for MCC04</b>					
5	SLIM RELAY FOR DIGITAL OUTPUT	0.12	32	3.84	13.10
6	PHOTO ELECTRIC SENSOR, DC PNP	0.60	0	0.00	0.00
7	INDUCTIVE SENSOR, DC PNP 3	0.48	0	0.00	0.00
8	ENCODER	3.00	0	0.00	0.00
9	LED Lamp (Schneider Harmony XB4)	0.43	1	0.43	1.47
10	INTERPOSING RELAY (MY4)	0.90	28	25.20	85.98
11	Safety Relay (PILZ Relay)	4.00	1	4.00	13.65
<b>Total</b>				<b>162.23</b>	<b>539.89</b>

รูปที่ 3.18 แบ่งกลุ่มอุปกรณ์ทางไฟฟ้าตามเบรกเกอร์ 24VDC

**Section H1: 220VAC Power Load Consumption Inside MCC04 Cabinets**

No.	Description	Power Consumption (Watt)	Qty	Total Power Consumption (Watt)	Total Cooling Load (BTU/Hr)
1	Control Cabinet's Cooling Fan	-	-	-	-
2	Control Cabinet's Lighting	22.50	5	112.50	383.85
3	Thermostat	-	-	-	-
4	Receptacle	396.00	1	396.00	-
5	Magnatic Contactor 5.5kW (Schneider)	2.10	13	27.30	93.15
6	Magnatic Contactor 7.5kW (Schneider)	2.10	4	8.40	28.66
7	Magnatic Contactor 22kW (Schneider)	4.50	1	4.50	15.35
<b>Total</b>		-	-	<b>548.70</b>	<b>521.01</b>

รูปที่ 3.19 แบ่งกลุ่มอุปกรณ์ทางไฟฟ้าตามเบรกเกอร์ 220VAC ภายในตู้

**Section J: 220VAC Current Consumption Calculation for MCC04**

( Note: Convert from Watt to VA by using power factor at 0.9)

( Note: Use a set of Transformer : 380 / 220 3KVA for installation in MCC4)

No.	Description	Power Consumption (Watt)	Qty	Total Power Consumption (KVA)	Current Consumption (Amp)
1	Section H1: 220VAC Power Load Consumption Inside MCC04 Cabinets	548.70	1	0.61	2.77
2	Section I1: 220VAC Power Load Consumption Inside OP01	610.24	1	0.68	3.08
3	Section I2: 220VAC Power Load Consumption Inside OP02	527.12	1	0.59	2.66
4	Section I3: 220VAC Power Load Consumption Inside OP03	477.64	1	0.53	2.41
5	Section I4: 220VAC Power Load Consumption Inside CRO1	458.70	1	0.51	2.32
<b>Total</b>		<b>2622.39</b>	-	<b>2.91</b>	<b>13.24</b>

รูปที่ 3.20 แบ่งกลุ่มอุปกรณ์ทางไฟฟ้ารวมตามเบรกเกอร์ 220VAC ภายในตู้และภายนอกไปยังตู้อื่น

Section L: 380VAC Power Load Consumption for Motor and Drive MCC04 Cabinet (5 BAY)

No.	Description	Power Consumption (k Watt)	Qty	Total Power Consumption (Watt)	Total Cooling Load (BTU/Hr)
1	E-8701 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#01 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
2	E-8706 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#02 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
3	E-8709 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#03 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
4	E-8713 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#04 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
5	E-8717 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#05 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
6	E-8721 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#06 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
7	E-8733 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#07 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
8	E-8737 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#08 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
9	E-8741 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#09 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
10	E-8745 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#10 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
11	E-8749 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#11 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
12	E-8753 (1.5 KW) CASCADE SECTION DECK#12 (DOL)	1.50	1	1,500.00	-
13	E-9140 (11.2 KW) DRY BOARD CULL HOIST (DOL)	11.25	1	11,250.00	-
14	E-9133 (2.3 KW) DRY BOARD CULL CONVAYOR (DOL)	2.30	1	2,300.00	-
15	E-9366 (7.5 KW) DRY BOARD TRANSFER CONVAYOR ROLL 2	7.50	1	7,500.00	-
16	E-9112 (7.5 KW) DRY BOARD TRANSFER CONVAYOR ROLL 1	7.50	1	7,500.00	-
17	E-8840 (5.5 KW) SPEED UP CONVAYOR	5.50	1	5,500.00	-
18	E-9101 (5.5 KW) DRY BOARD TRANSFER CONVAYOR BELT	3.70	1	3,700.00	-
26	Section F1: 24VDC Current Consumption Calculation for Internal supply MCC04	0.16	1	162.23	553.54
27	Section J: 220VAC Current Consumption Calculation for MCC04 Transformer : 380 / 220 3KVA	2.62	1	2,622.39	8,947.59
28					
29					
	<b>Total</b>	-	-	<b>58,534.62</b>	<b>9,501.12</b>

Hence, the power from motor was not included in heat dissipation calculation.

รูปที่ 3.21 แบ่งกลุ่มอุปกรณ์รวมตามเบรกเกอร์ Power ของมอเตอร์

Summary Power Load Consumption and Heat Dissipation for PLC Control System at Take-off Line Phase3

Summary 1: 380 VAC Power Load Consumption Inside Main PLC Control Cabinets

(Note: Convert from Watt to VA by using power factor at 0.9)

No.	Description	Power Consumption (Kilo Watt)	Qty	Total Power Consumption (Kilo VA)	Ampair per Phase
1	Section L: 380VAC Power Load Consumption for Motor and Drive MCC04 Cabinet (5 BAY)	58,534.62	1	65,038.47	98.82
2	Section M: 380VAC Power Load Consumption for Motor and Drive MCC03 Cabinet (10 BAY)	49,676.14	1	55,195.71	83.86
	<b>Total</b>	<b>108.21</b>	<b>-</b>	<b>120.23</b>	<b>182.68</b>

รูปที่ 3.22 แบ่งกลุ่มอุปกรณ์รวมตามเมนเบรกเกอร์ (Main Breaker) ของตู้

### 3.5 ออกแบบ Panel and Layout

ทำการออกแบบตู้โดยใช้โปรแกรม ZWCAD ซึ่งเป็นโปรแกรมออกแบบสองมิติ ทำการออกแบบโดยใช้สเกลเดียวกับของจริงเพื่อความถูกต้อง (หลังจากทราบขนาดตู้จริง)

#### ขั้นตอนและวิธีการออกแบบมีดังนี้

##### 3.5.1 ดาวน์โหลดไฟล์ภาพสองมิติ (CAD) ของอุปกรณ์ที่ใช้จากเว็บไซต์ผู้ผลิต

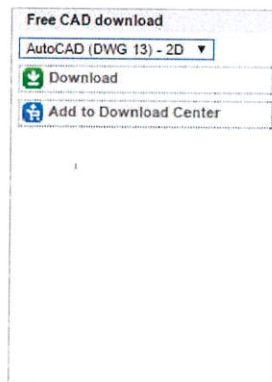
ในเว็บไซต์ผู้ผลิตอุปกรณ์ต่างๆ จะมีข้อมูลให้ดาวน์โหลดไฟล์ภาพสองมิติของอุปกรณ์นั้นจึงไม่จำเป็นต้องวาดภาพเอง แต่ถ้าอุปกรณ์ใดในเว็บไซต์ผู้ผลิตไม่มีไฟล์ภาพสองมิติให้ดาวน์โหลดจะต้องหาขนาดของอุปกรณ์นั้นจากคู่มืออุปกรณ์ และทำการวาดภาพเองภายในโปรแกรม

### 3.5.1.1 หารุ่นอุปกรณ์จากเว็บไซต์ผู้ผลิต



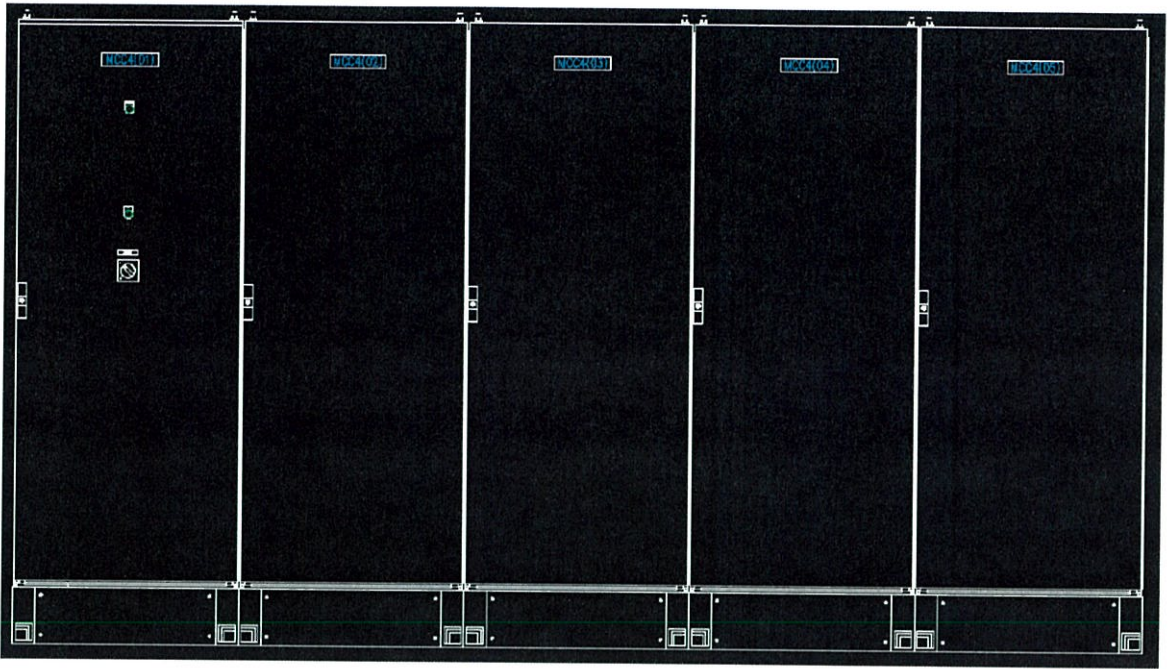
รูปที่ 3.23 ตัวอย่างหาเบรกเกอร์ 3 Pole ยี่ห้อ Schneider จากเว็บไซต์ผู้ผลิต

### 3.5.1.2 ดาวน์โหลดไฟล์ CAD ของอุปกรณ์



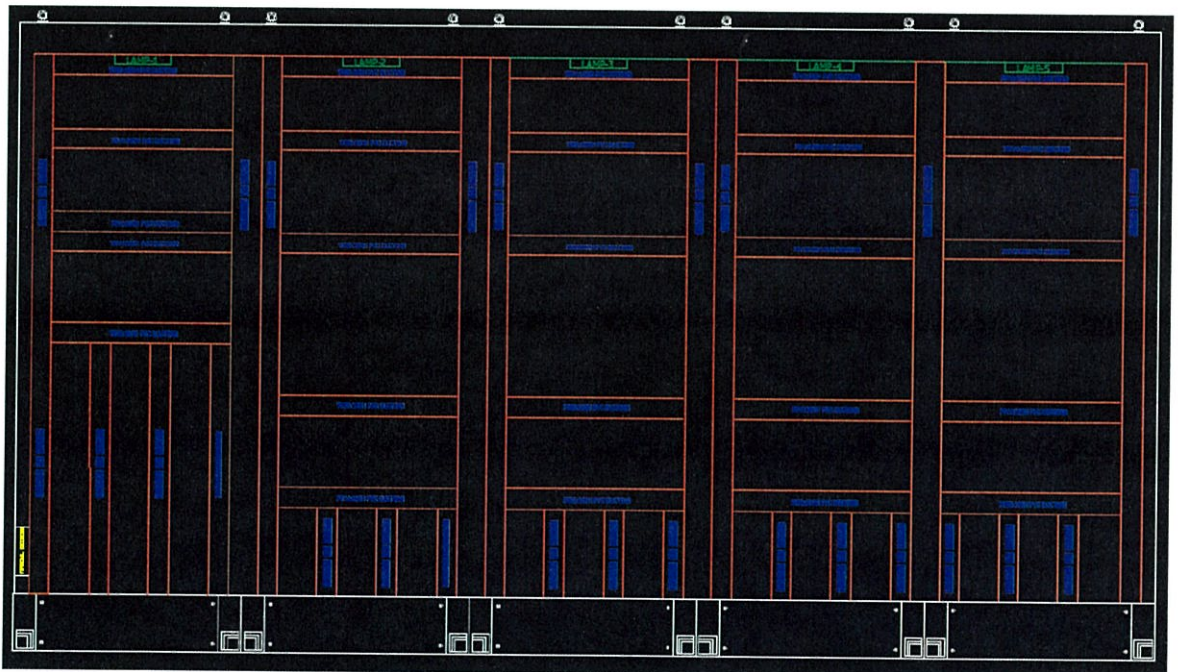
รูปที่ 3.24 ดาวน์โหลดไฟล์ CAD ของเบรกเกอร์ จากเว็บไซต์ผู้ผลิต





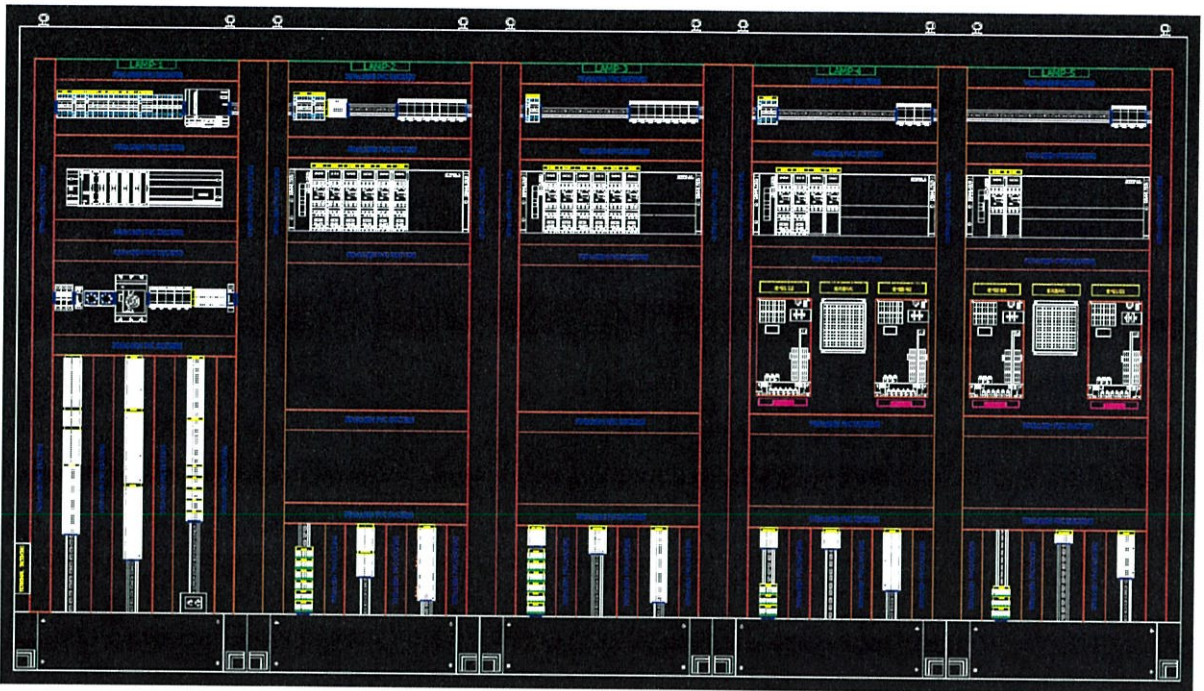
รูปที่ 3.27 ออกแบบด้านหน้าของตู้ MCC04

3.5.2.2 ภายในตู้เริ่มจากการวาง Layout ของช่องเดินสายไฟ และพื้นที่ว่างที่เหลือให้เหมาะสม



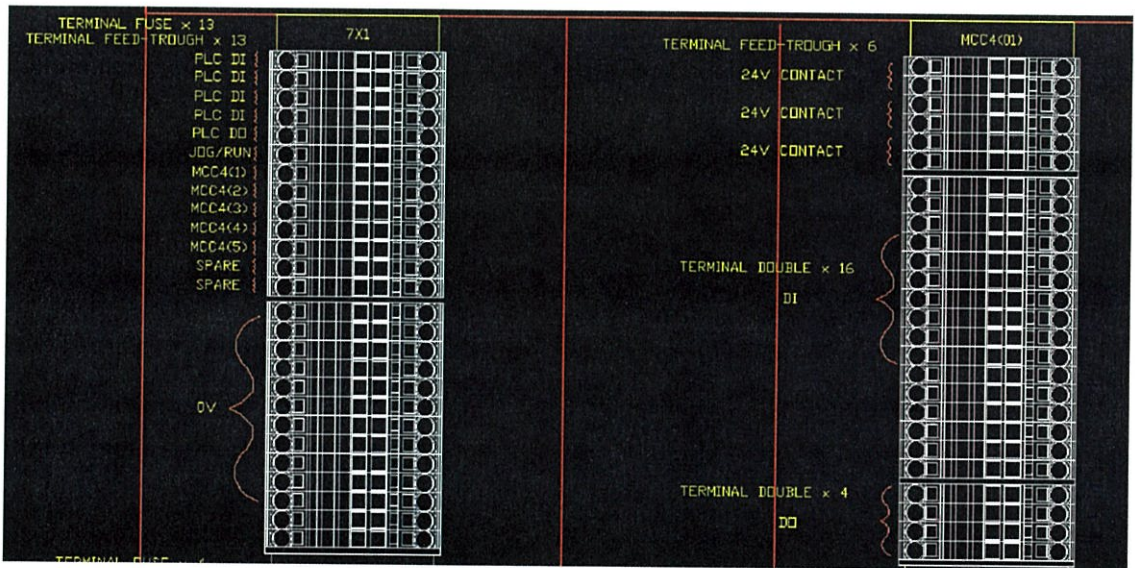
รูปที่ 3.28 ออกแบบ Layout ของช่องเดินสายไฟ

### 3.5.2.3 นำอุปกรณ์ต่างๆที่ไหลดจากเว็บไซต์ผู้ผลิตมาวางใส่ภายในตู้ออกแบบ



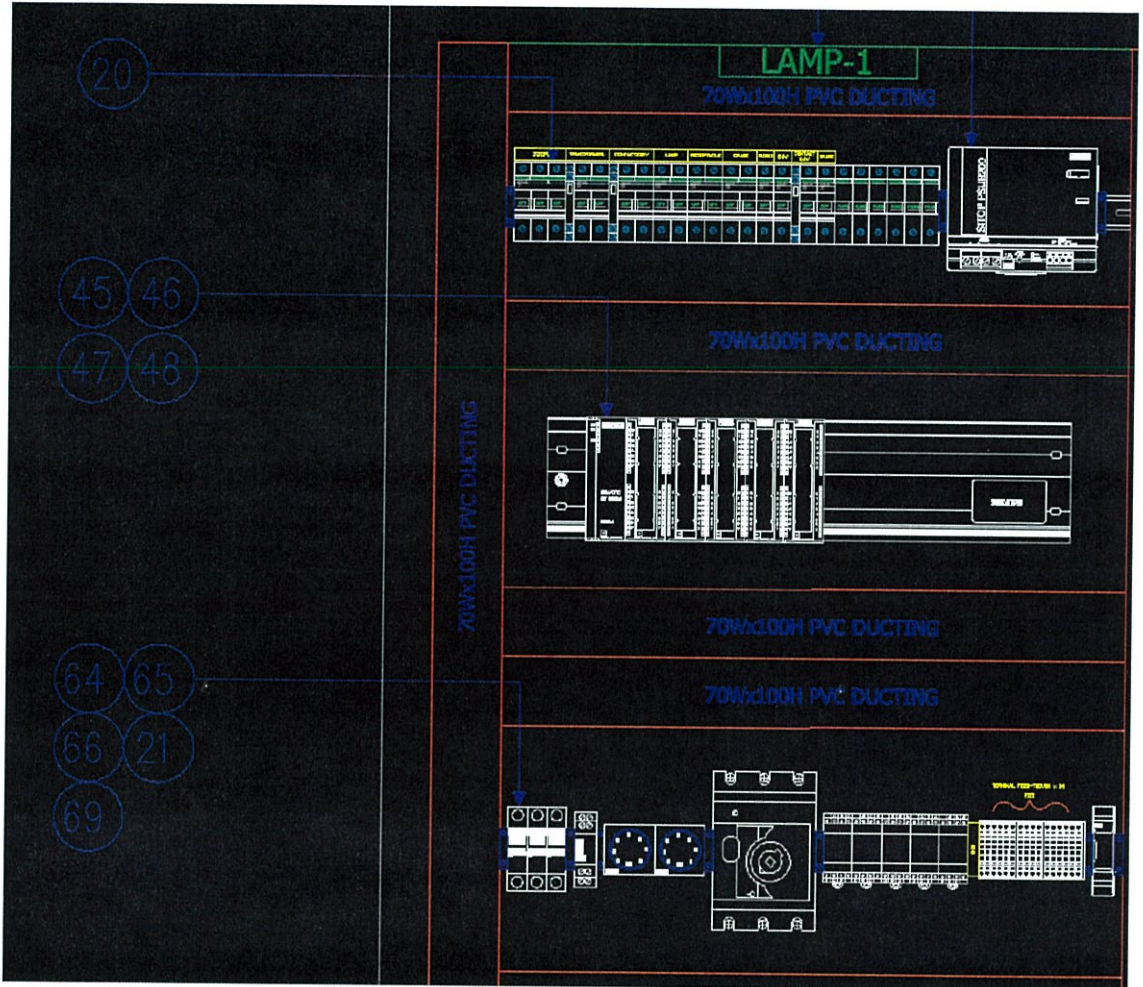
รูปที่ 3.29 วาง Layout อุปกรณ์ภายในตู้

### 3.5.2.4 ใส่รายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ จำนวน, ชนิดของอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน, Tag Name



รูปที่ 3.30 ใส่รายละเอียดของอุปกรณ์

3.5.2.5 ทำเอกสาร Bill of Material เพื่อบอกถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ จำนวน รุ่น ยี่ห้อ ในแบบ Layout นี้ โดยทำการกำหนดหมายเลขแล้วทำลูกศรชี้ไปยังอุปกรณ์นั้น หมายเลขนั้นจะอ้างอิงในเอกสาร Bill of Material ซึ่งจะมีรายละเอียดของอุปกรณ์บ่งบอกอยู่



รูปที่ 3.31 ชี้หมายเลขไปยังอุปกรณ์เพื่ออ้างอิงกับเอกสาร Bill of Material

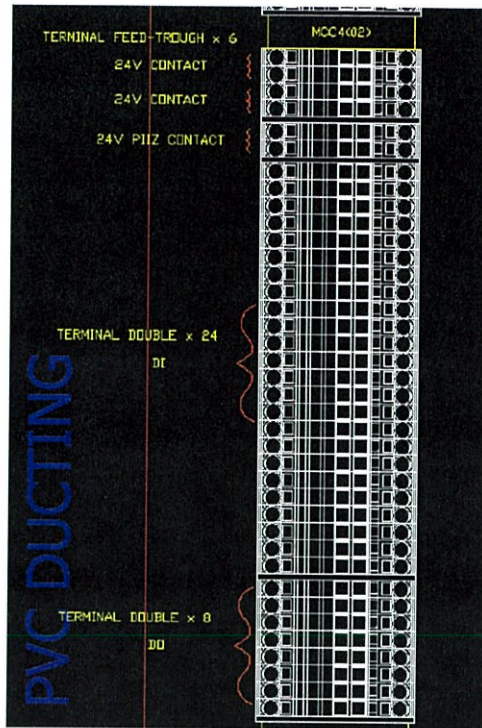
BILL OF MATERIAL				
NO/S	QTY.	MANUFACTURER/ SUPPLIER	PART NO.	DESCRIPTION
1	5	RITTAL	8806.500	TS ENCLOSURE W800xH2000xD600mm, WITH MOUNTING PLATE,RAL 7035
2	5	RITTAL	8802.800	BASE/PUNTH COMPONENT W800xH200
3	4	RITTAL	3580.000	BUSBAR MADE FROM E-CU,DIMENSION 12x5MM.
4	4	RITTAL	9340.100	RUNLINE BASE TRAY LONG 500MM.
5	4	RITTAL	9340.000	BUSBAR SUPPORT 3P/INTERNAL ATTACHMENT
6	4	RITTAL	9340.070	END COVER
7	4	RITTAL	9340.210	COVER SECTION LENGTH 1100MM
8	4	RITTAL	9342.220	CONNECTION ADAPTOR 125A 690V 3P
9	18	RITTAL	9340.340	OH ADAPTOR 25A/CONNECTION CABLE 3P,500, AWG 12
10	18	RITTAL	9342.850	SUPPORT RAIL TS45C 35x100MM
11	5	RITTAL	4127.010	DOOR OPERATED SWITCH
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18	5	TBA	TBA	LIGHTING 220VAC
19				
20	12	SCHNEIDER	C61N	CIRCUIT BREAKER 3P,2P = 25A, 16A, 6A
21	1	SCHNEIDER	TM1600	CIRCUIT BREAKER 160A
22	2	SCHNEIDER	GV2P	CIRCUIT BREAKER MOTOR
23	2	SCHNEIDER	LRD	CONTACTOR AND OVERLOAD
24	38	SCHNEIDER	LC1D	MAGNETIC CONTACTOR
25	2	SCHNEIDER	XB4-BV03	GREEN PILOT LIGHT WITH INTEGRAL LED
26	1	SCHNEIDER	XB4-BW36B5	PUSH BUTTON SWITCH WITH PILOT LAMP LED YELLOW COLOR
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35	1	SIEMENS	6EP1437-3BA10	SITOP PSU300M 40 STABILIZED POWER SUPPLY INPUT: 400-500 V 3 AC OUTPUT: 24 V DC/40 A
36				
37				
38				
39	4	SIEMENS	6SL3210-1SE21-0JA0	SINAMICS S120 CONVERTER POWER MODULE PM340 INPUT:3 AC 380-480V, 50/60HZ OUTPUT:3AC 5.9A (7.5KW) FRAME SIZE- BLOCKSIZE SIZE F38 INTERNAL AIR COOLING
40				
41	2	SIEMENS	6SE8400-4DB10-SCA0	MICRO MASTER 4 BRAKING RESISTOR 56 OHM
42	4	SIEMENS	6SL3040-1LA00-0AA0	SINAMICS S120 CONTROL UNIT CU310-2 DP WITH PROFIBUS INTERFACE
43	4	SIEMENS	6SL3061-0EH00-1BA0	SINAMICS S120 COMPACTFLASH CARD
44	4	SIEMENS	6SL3056-0AA00-1BA0	SINAMICS S120 BASIC OPERATOR PANEL 80P20 FOR ELECTRONIC CONTROLS

รูปที่ 3.32 เอกสาร Bill of Material

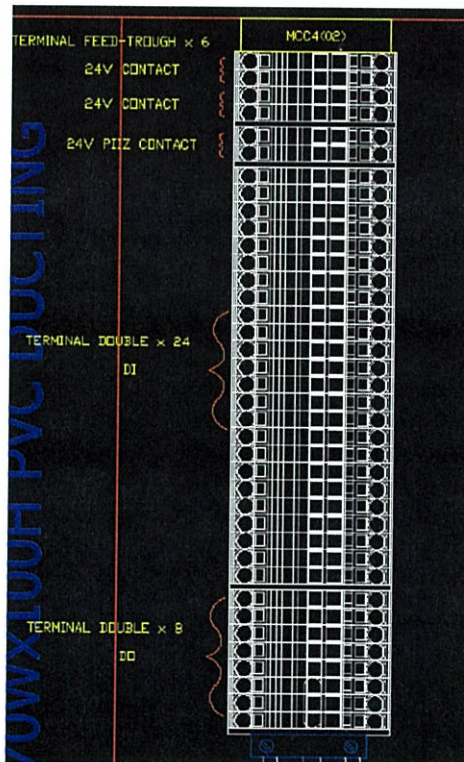
### 3.5.2.6 ส่งไฟล์เอกสาร Panel and Layout ให้ลูกค้าเพื่อรอการอนุมัติ

ส่งไฟล์ Panel and Layout ที่ได้ทำมาให้ลูกค้าเพื่อที่จะตรวจสอบว่าตรงกับความต้องการกับลูกค้าหรือไม่ ถ้าไม่จะได้แก้ไขก่อนที่จะทำการวาง Layout ตั้จริง





รูปที่ 3.34 Terminal ในตู้ที่ 1 (MCC401) ที่จะลากสายไฟไปยังตู้ที่ 2 (MCC402)



รูปที่ 3.35 Terminal ในตู้ที่ 2 (MCC402) ที่เป็น Terminal รับสายไฟจากตู้ที่ 1 (MCC401)

### 3.6.2 ทำรายการ Instrument IO List

จากหัวข้อที่ 3.6.1 จะเห็นว่าในการทำเอกสาร Instrument IO List ต้องทำการเรียงอุปกรณ์ที่ติดกันโดยแบ่งไปตามตำแหน่งของอุปกรณ์นั้นว่าอยู่ที่ตู้ใด ทำให้ง่ายต่อการเดินสายไฟ

ITEM No.	TAG No. M/C CODE	DEVICE TYPE	DESCRIPTION	LOCATION	IO CARD	SLOT	CHANEL	CHNEL PLC
				TO				
1	EA-001	SAFTY RELAY TRIP	PILZ SAFTY RELEY TRIP	MCC4(01)	DI01	4	0	I800.0
2	EA-002	SAFTY PLC TRIP	PILZ SAFTY PLC TRIP	MCC4(01)	DI01	4	1	I800.1
3	SF-001	AUXILIARY	SURGE PROTECTION	MCC4(01)	DI01	4	2	I800.2
4	SF-002	AUXILIARY	PHASE PROTECTION	MCC4(01)	DI01	4	3	I800.3
5	SF-003	AUXILIARY	BREAKER TRANSFERMER#1	MCC4(01)	DI01	4	4	I800.4
6	SF-004	AUXILIARY	BREAKER CONTACT 220VAC	MCC4(01)	DI01	4	5	I800.5
7	SF-005	AUXILIARY	BREAKER CONTACT 24VDC	MCC4(01)	DI01	4	6	I800.6
8	CO-0001	CONTACTOR	STATUS HELTHY SITOP No.1	MCC4(01)	DI01	4	7	I800.7
9	SPARE			MCC4(01)	DI01	4	8	I801.0
10	SPARE			MCC4(01)	DI01	4	9	I801.1
11	SPARE			MCC4(01)	DI01	4	10	I801.2
12	SPARE			MCC4(01)	DI01	4	11	I801.3
13	SPARE			MCC4(01)	DI01	4	12	I801.4
14	SPARE			MCC4(01)	DI01	4	13	I801.5
15	SPARE			MCC4(01)	DI01	4	14	I801.6
16	SPARE			MCC4(01)	DI01	4	15	I801.7

รูปที่ 3.36 Instrument IO List ของอุปกรณ์ภายในตู้ที่ 1 (MCC401)

ITEM No.	TAG No. M/C CODE	DEVICE TYPE	DESCRIPTION	PLC LOCATION (CAB.)	IO CARD	SLOT	CHANEL	CHNEL PLC
17	SF-006	AUXILIARY	BREAKER CONTACT CASCADE	PLC-MCC04	DI01	4	16	I02.0
18	SF-007	AUXILIARY	BREAKER TRANSFERMER#2	PLC-MCC04	DI01	4	17	I02.1
19	SF-8701	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 01	PLC-MCC04	DI01	4	18	I02.2
20	SF-8706	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 02	PLC-MCC04	DI01	4	19	I02.3
21	SF-8709	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 03	PLC-MCC04	DI01	4	20	I02.4
22	SF-8713	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 04	PLC-MCC04	DI01	4	21	I02.5
23	SF-8717	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 05	PLC-MCC04	DI01	4	22	I02.6
24	SF-8721	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 06	PLC-MCC04	DI01	4	23	I02.7
25	CO-8701	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 01	PLC-MCC04	DI01	4	24	I03.0
26	CO-8706	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 02	PLC-MCC04	DI01	4	25	I03.1
27	CO-8709	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 03	PLC-MCC04	DI01	4	26	I03.2
28	CO-8713	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 04	PLC-MCC04	DI01	4	27	I03.3
29	CO-8717	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 05	PLC-MCC04	DI01	4	28	I03.4
30	CO-8721	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 06	PLC-MCC04	DI01	4	29	I03.5
31	OL-8701	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 01	PLC-MCC04	DI01	4	30	I03.6
32	OL-8706	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 02	PLC-MCC04	DI01	4	31	I03.7
33	OL-8709	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 03	PLC-MCC04	DI02	5	0	I04.0
34	OL-8713	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 04	PLC-MCC04	DI02	5	1	I04.1
35	OL-8717	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 05	PLC-MCC04	DI02	5	2	I04.2
36	OL-8721	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 06	PLC-MCC04	DI02	5	3	I04.3
37	SPARE			PLC-MCC04	DI02	5	4	I04.4
38	SPARE			PLC-MCC04	DI02	5	5	I04.5
39	SPARE			PLC-MCC04	DI02	5	6	I04.6
40	SPARE			PLC-MCC04	DI02	5	7	I04.7

รูปที่ 3.37 Instrument IO List ของอุปกรณ์ภายในตู้ที่ 2 (MCC402)

ITEM No.	TAG No. M/C CODE	DEVICE TYPE	DESCRIPTION	PLC LOCATION (CAB.)	IO CARD	SLOT	CHANEL	CHNEL PLC
41	SF-008	AUXILIARY	BREAKER TRANSFERMER#3	PLC-MCC04	DI02	5	8	I805.0
42	SF-8733	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 07	PLC-MCC04	DI02	5	9	I805.1
43	SF-8737	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 08	PLC-MCC04	DI02	5	10	I805.2
44	SF-8741	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 09	PLC-MCC04	DI02	5	11	I805.3
45	SF-8745	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 10	PLC-MCC04	DI02	5	12	I805.4
46	SF-8749	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 11	PLC-MCC04	DI02	5	13	I805.5
47	SF-8753	AUXILIARY	BREAKER CASCADE SECTION DECK # 12	PLC-MCC04	DI02	5	14	I805.6
48	CO-8733	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 07	PLC-MCC04	DI02	5	15	I805.7
49	CO-8737	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 08	PLC-MCC04	DI02	5	16	I806.0
50	CO-8741	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 09	PLC-MCC04	DI02	5	17	I806.1
51	CO-8745	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 10	PLC-MCC04	DI02	5	18	I806.2
52	CO-8749	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 11	PLC-MCC04	DI02	5	19	I806.3
53	CO-8753	CONTACTOR	CONTACTOR CASCADE SECTION DECK # 12	PLC-MCC04	DI02	5	20	I806.4
54	OL-8733	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 07	PLC-MCC04	DI02	5	21	I806.5
55	OL-8737	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 08	PLC-MCC04	DI02	5	22	I806.6
56	OL-8741	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 09	PLC-MCC04	DI02	5	23	I806.7
57	OL-8745	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 10	PLC-MCC04	DI02	5	24	I807.0
58	OL-8749	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 11	PLC-MCC04	DI02	5	25	I807.1
59	OL-8753	CONTACTOR	OVERLOAD CASCADE SECTION DECK # 12	PLC-MCC04	DI02	5	26	I807.2
60	SPARE			PLC-MCC04	DI02	5	27	I807.3
61	SPARE			PLC-MCC04	DI02	5	28	I807.4
62	SPARE			PLC-MCC04	DI02	5	29	I807.5
63	SPARE			PLC-MCC04	DI02	5	30	I807.6
64	SPARE			PLC-MCC04	DI02	5	31	I807.7

รูปที่ 3.38 Instrument IO List ของอุปกรณ์ภายในตู้ที่ 3 (MCC403)

ITEM No.	TAG No. M/C CODE	DEVICE TYPE	DESCRIPTION	PLC LOCATION (CAB.)	IO CARD	SLOT	CHANEL	CHNEL PLC
65	SF-009	AUXILIARY	BREAKER CONTACT DRY BOARD	PLC-MCC04	DI03	6	0	I808.0
66	SF-9140	AUXILIARY	BREAKER DRY BOARD CULL HOIST	PLC-MCC04	DI03	6	1	I808.1
67	SF-9133	AUXILIARY	BREAKER DRY BOARD CULL CONVEYOR	PLC-MCC04	DI03	6	2	I808.2
68	SF-9112	AUXILIARY	BREAKER DRY BOARD TRANSFER CONVEYOR ROLL 1	PLC-MCC04	DI03	6	3	I808.3
69	CO-9140	CONTACTOR	CONTACTOR DRY BOARD CULL HOIST	PLC-MCC04	DI03	6	4	I808.4
70	CO-9133	CONTACTOR	CONTACTOR DRY BOARD CULL CONVEYOR	PLC-MCC04	DI03	6	5	I808.5
71	CO-9112	CONTACTOR	CONTACTOR DRY BOARD TRANSFER CONVEYOR ROLL 1	PLC-MCC04	DI03	6	6	I808.6
72	OL-9140	CONTACTOR	OVERLOAD DRY BOARD CULL HOIST	PLC-MCC04	DI03	6	7	I808.7
73	OL-9133	CONTACTOR	OVERLOAD DRY BOARD CULL CONVEYOR	PLC-MCC04	DI03	6	8	I809.0
74	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	9	I809.1
75	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	10	I809.2
76	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	11	I809.3
77	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	12	I809.4
78	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	13	I809.5
79	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	14	I809.6
80	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	15	I809.7

รูปที่ 3.39 Instrument IO List ของอุปกรณ์ภายในตู้ที่ 4 (MCC404)

ITEM No.	TAG No. M/C CODE	DEVICE TYPE	DESCRIPTION	PLC LOCATION (CAB.)	IO CARD	SLOT	CHANEL	CHNEL PLC
81	SF-8840	AUXILIARY	BREAKER SPEED UP CONVEYOR	PLC-MCC04	DI03	6	16	I810.0
82	SF-9366	AUXILIARY	BREAKER DRY BOARD TRANSFER CONVEYOR ROLL 2	PLC-MCC04	DI03	6	17	I810.1
83	SF-9101	AUXILIARY	BREAKER DRY BOARD TRANSFER CONVEYOR BELT	PLC-MCC04	DI03	6	18	I810.2
84	CO-8840	CONTACTOR	CONTACTOR SPEED UP CONVEYOR	PLC-MCC04	DI03	6	19	I810.3
85	CO-9366	CONTACTOR	CONTACTOR DRY BOARD TRANSFER CONVEYOR ROLL 2	PLC-MCC04	DI03	6	20	I810.4
86	CO-9101	CONTACTOR	CONTACTOR DRY BOARD TRANSFER CONVEYOR BELT	PLC-MCC04	DI03	6	21	I810.5
87	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	22	I810.6
88	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	23	I810.7
89	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	24	I811.0
90	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	25	I811.1
91	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	26	I811.2
92	SPARE			PLC-MCC04	DI03	6	27	I811.3

รูปที่ 3.40 Instrument IO List ของอุปกรณ์ภายในตู้ที่ 1 (MCC405)

ITEM No.	TAG No. M/C CODE	DEVICE TYPE	DESCRIPTION	PLC LOCATION (CAB.)	IO CARD	SLOT	CHANEL	CHNEL PLC
93	JOG-E8701	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8701	PLC-MCC04	DI03	6	28	I811.4
94	RUN-E8701	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8701	PLC-MCC04	DI03	6	29	I811.5
95	JOG-E8706	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8706	PLC-MCC04	DI03	6	30	I811.6
96	RUN-E8706	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8706	PLC-MCC04	DI03	6	31	I811.7
97	JOG-E8709	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8709	PLC-MCC04	DI04	7	0	I812.0
98	RUN-E8709	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8709	PLC-MCC04	DI04	7	1	I812.1
99	JOG-E8713	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8713	PLC-MCC04	DI04	7	2	I812.2
100	RUN-E8713	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8713	PLC-MCC04	DI04	7	3	I812.3
101	JOG-E8717	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8717	PLC-MCC04	DI04	7	4	I812.4
102	RUN-E8717	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8717	PLC-MCC04	DI04	7	5	I812.5
103	JOG-E8721	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8721	PLC-MCC04	DI04	7	6	I812.6
104	RUN-E8721	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8721	PLC-MCC04	DI04	7	7	I812.7
105	JOG-E8733	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8733	PLC-MCC04	DI04	7	8	I813.0
106	RUN-E8733	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8733	PLC-MCC04	DI04	7	9	I813.1
107	JOG-E8737	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8737	PLC-MCC04	DI04	7	10	I813.2
108	RUN-E8737	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8737	PLC-MCC04	DI04	7	11	I813.3
109	JOG-E8741	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8741	PLC-MCC04	DI04	7	12	I813.4
110	RUN-E8741	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8741	PLC-MCC04	DI04	7	13	I813.5
111	JOG-E8745	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8745	PLC-MCC04	DI04	7	14	I813.6
112	RUN-E8745	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8745	PLC-MCC04	DI04	7	15	I813.7
113	JOG-E8749	CONTACTOR	STATUS JOG OF E-8749	PLC-MCC04	DI04	7	16	I814.0
114	RUN-E8749	CONTACTOR	STATUS ISOLATE OF E-8749	PLC-MCC04	DI04	7	17	I814.1

รูปที่ 3.41 Instrument IO List ของอุปกรณ์ที่ต่อมาจากหน้างานในโรงงาน

จากตัวอย่างจะเห็นว่า การเรียงอุปกรณ์ใน Instrument IO List ในรูปแบบดังกล่าวข้างต้นก็ เพื่อให้  
 ง่ายต่อการเดินสายไฟซึ่งจะต้องเรียงตามที่อยู่ของอุปกรณ์นั้น เพราะได้อ้างอิงจากการทำเอกสาร Panel  
 and Layout ซึ่ง Terminal ได้แบ่งกลุ่มไปตามตู้ต่างๆ เรียบร้อยแล้ว โดยจะมี Terminal ส่ง และ Terminal  
 รับเหมือนกันทุกประการ

### 3.7 ออกแบบ Power and Wiring Diagram

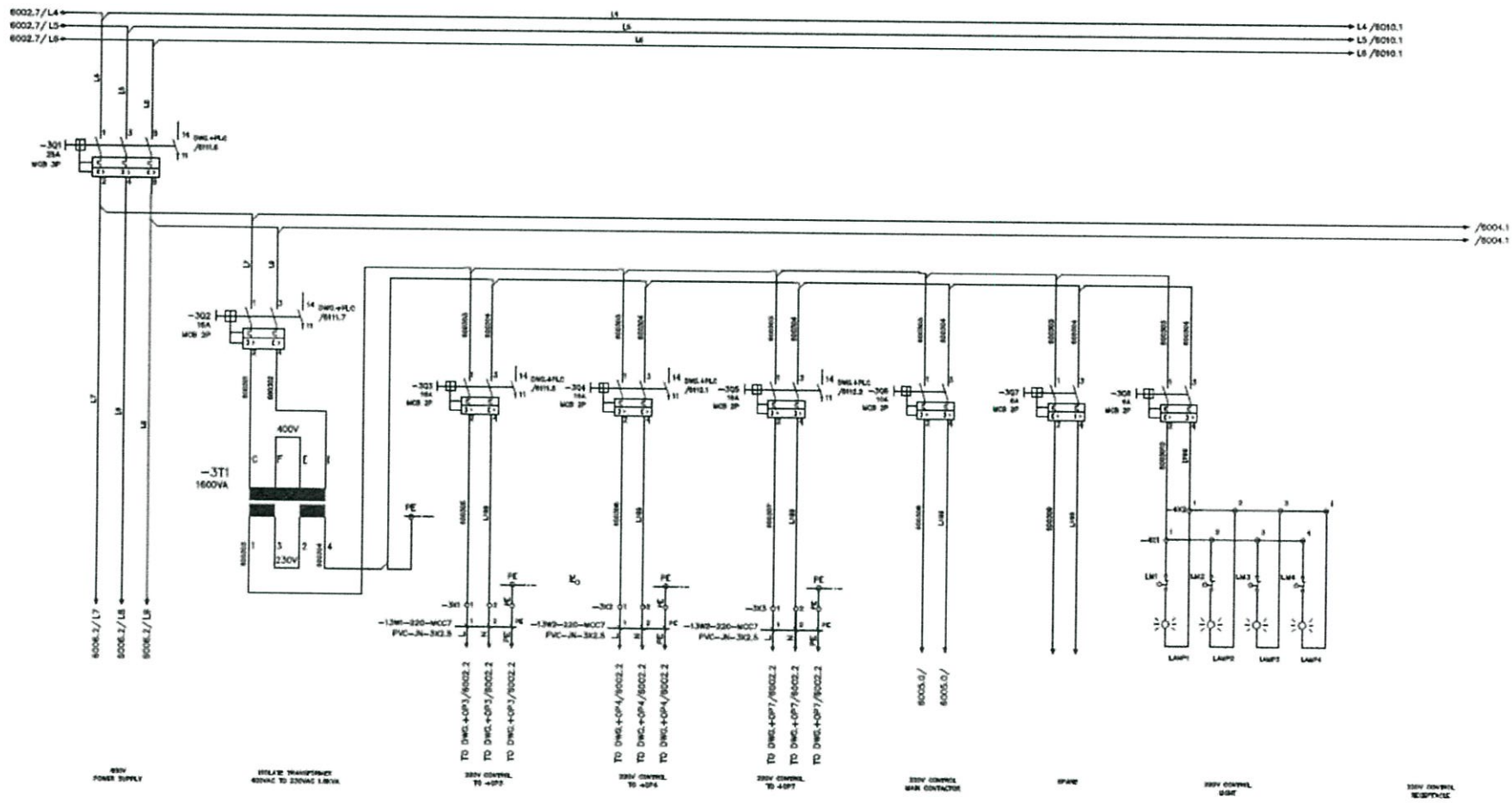
เอกสารนี้จะเป็นเอกสารที่ใช้ในการเดินสายไฟ (Wiring) ให้กับช่าง รายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับการเดินสายไฟ อาทิเช่น มาร์คสายไฟ ขนาดสายไฟ การเชื่อมต่อสายไฟในแต่ละอุปกรณ์ การเชื่อมสายในแต่ละ Terminal เป็นต้น เอกสารนี้จะทำโดยใช้โปรแกรม ZWCAD สัญลักษณ์ของแต่ละอุปกรณ์และการวางตำแหน่งต่างๆ จะอ้างอิงตามเอกสารสายการผลิตที่ 1 เฟสที่ 2 ที่ลูกค้าให้มาเป็นตัวอย่าง

#### ตัวอย่าง Power and Wiring Diagram ของตู้ MCC4

##### 3.7.1 เตรียม Power and Wiring Diagram ของสายการผลิตที่ 1 เฟสที่ 2 จากลูกค้ามาเป็นตัวอย่าง

- 📁 MCC\_09\_6\_2016
- 📁 OP3\_09\_6\_2016
- 📁 OP4\_09\_6\_2016
- 📁 OP7\_09\_6\_2016
- 📁 PLC\_09\_6\_2016
- 📁 SERVER\_09\_6\_2016
- 📄 TGP-PH2-EN-007 POWER AND WIRING DIAGRAM+MCC\_REV.1\_20160609
- 📄 TGP-PH2-EN-007 POWER AND WIRING DIAGRAM+OP3\_REV.1\_20160609
- 📄 TGP-PH2-EN-007 POWER AND WIRING DIAGRAM+OP4\_REV.1\_20160609
- 📄 TGP-PH2-EN-007 POWER AND WIRING DIAGRAM+OP7\_REV.1\_20160609
- 📄 TGP-PH2-EN-007 POWER AND WIRING DIAGRAM+PLC\_REV.1\_20160609
- 📄 TGP-PH2-EN-007 POWER AND WIRING DIAGRAM+ SERVER\_REV.1\_20160609

รูปที่ 3.42 เอกสารของสายการผลิตที่ 1 เฟสที่ 2 ที่ลูกค้าให้มาเป็นตัวอย่าง

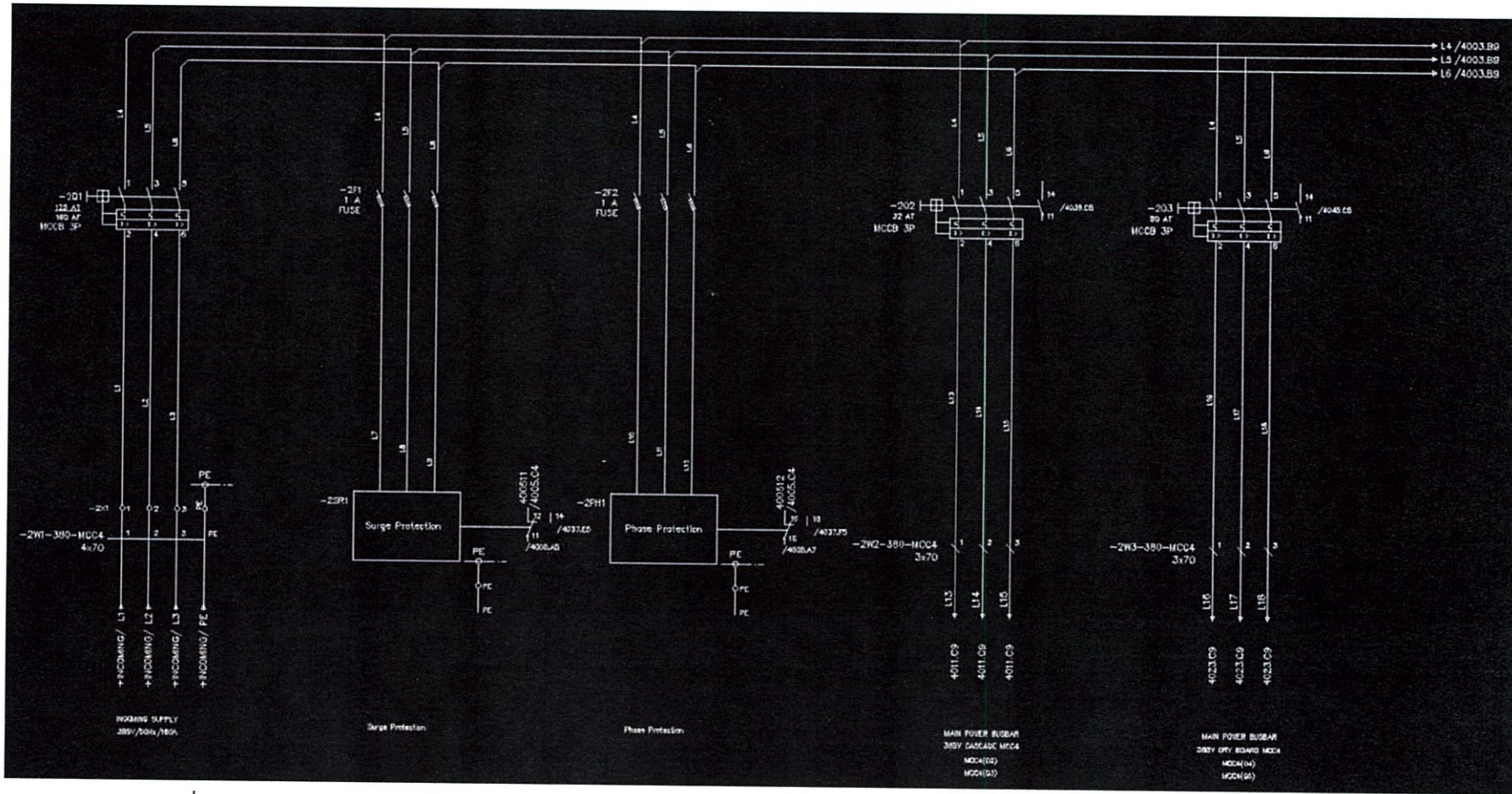


รูปที่ 3.43 ตัวอย่างสัญลักษณ์และรูปแบบการทำเอกสาร Power and Wiring Diagram จากเฟสที่ 2

### 3.7.2 การทำ Power and Wiring Diagram ของตู้ MCC4

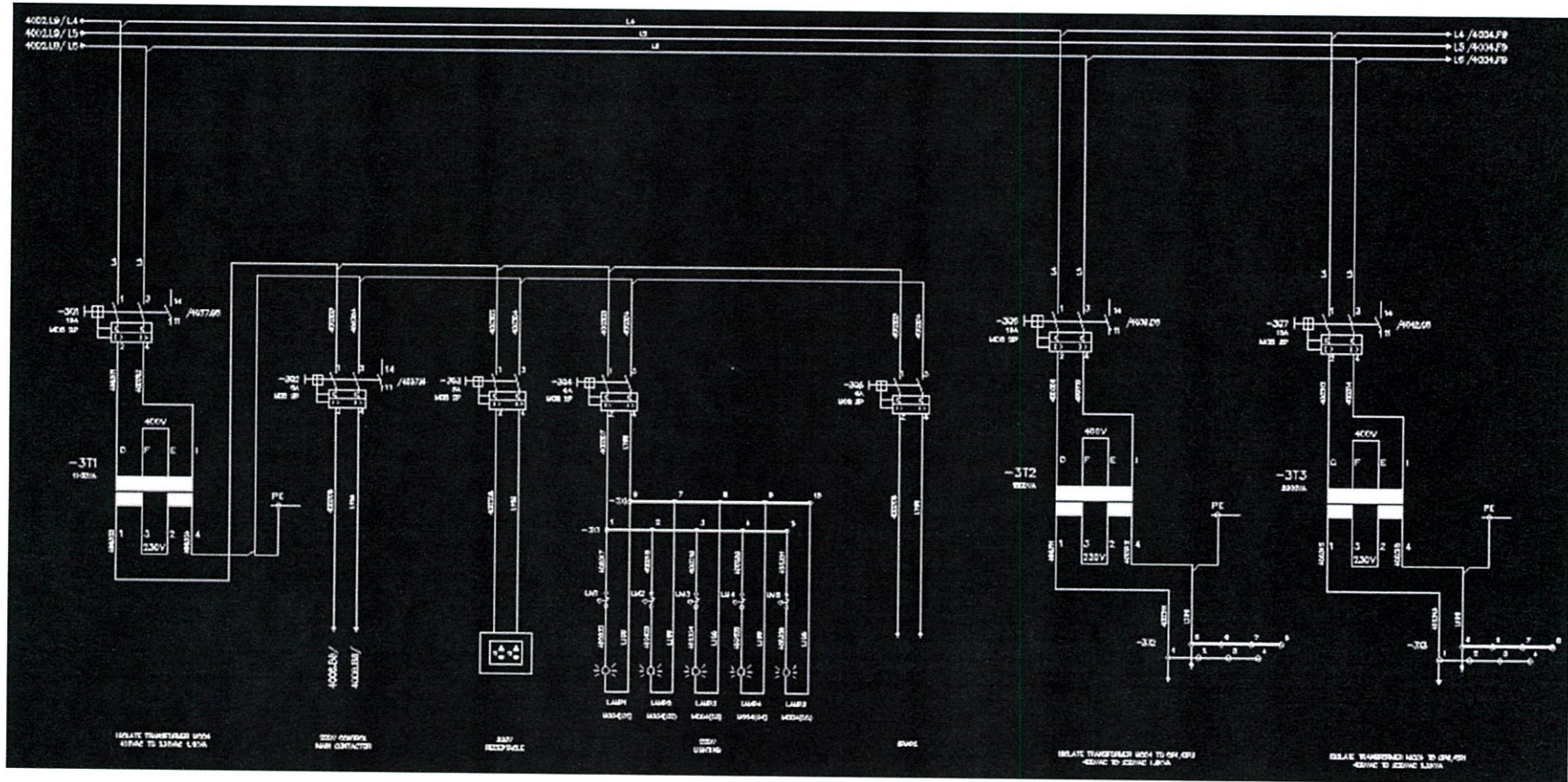
#### Power and Wiring Diagram ภาคแหล่งจ่ายไฟ

3.7.2.1 เดินไฟสามเฟส 380VAC และ Ground จากโรงงาน มาเข้าเมนเบรกเกอร์และ Ground Bar ต่อขนานไปกับ Surge Protection และ Phase Protection เป็นเซฟตี้ให้กับระบบไฟฟ้า และเบรกเกอร์ไปยังมอเตอร์โซนต่างๆ สายไฟแต่ละเส้นที่ผ่านอุปกรณ์ต่างๆจะกำหนดชื่อของมาร์คสายไฟไม่ให้ซ้ำกันเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการเดินสายไฟ



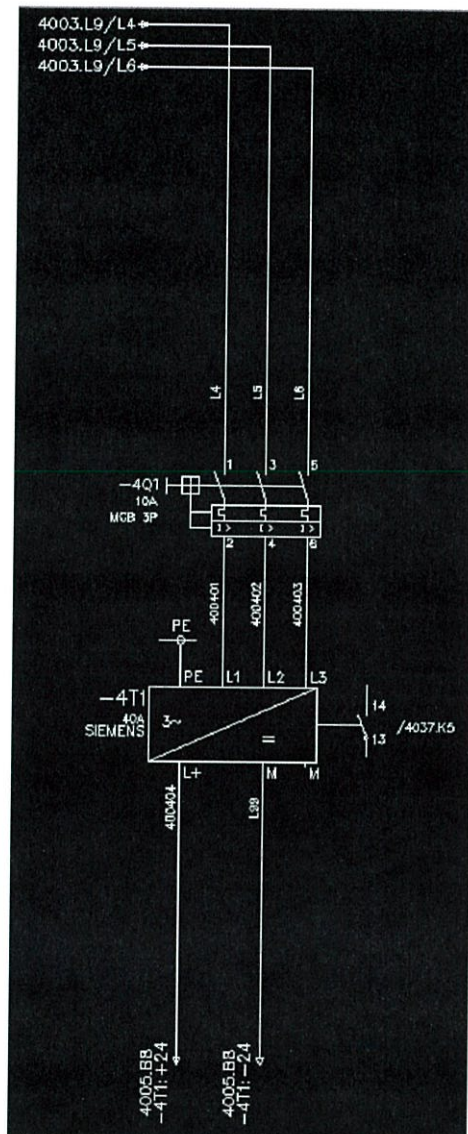
รูปที่ 3.44 Power and wiring diagram ของ Main Breaker, Surge Protection, Phase Protection และ Power Motor Breaker

3.7.2.2 จากข้อที่ 3.7.2.1 เชื่อมต่อไฟขนานจากเมนเบรกเกอร์มายังเบรกเกอร์เพื่อตัดไฟที่จ่ายให้กับ Transformer ที่แปลงไฟจาก 380VAC ให้เป็น 220VAC เพื่อใช้ภายในตู้ และที่จ่ายให้กับ Transformer ที่แปลงไฟจาก 380VAC ให้เป็น 220VAC เพื่อใช้กับตู้ OP1, OP2, OP8 และ CR1



รูปที่ 3.45 Power and Wiring Diagram ของ Transformer 380VAC/220VAC

3.7.2.3 จากข้อที่ 3.7.2.2 เชื่อมต่อไฟขานานจากเบรกเกอร์ของ Transformer 380VAC/220VAC มายัง Power Supply เพื่อแปลงไฟจาก 380VAC มาเป็นไฟ 24VDC เพื่อใช้ภายในตู้

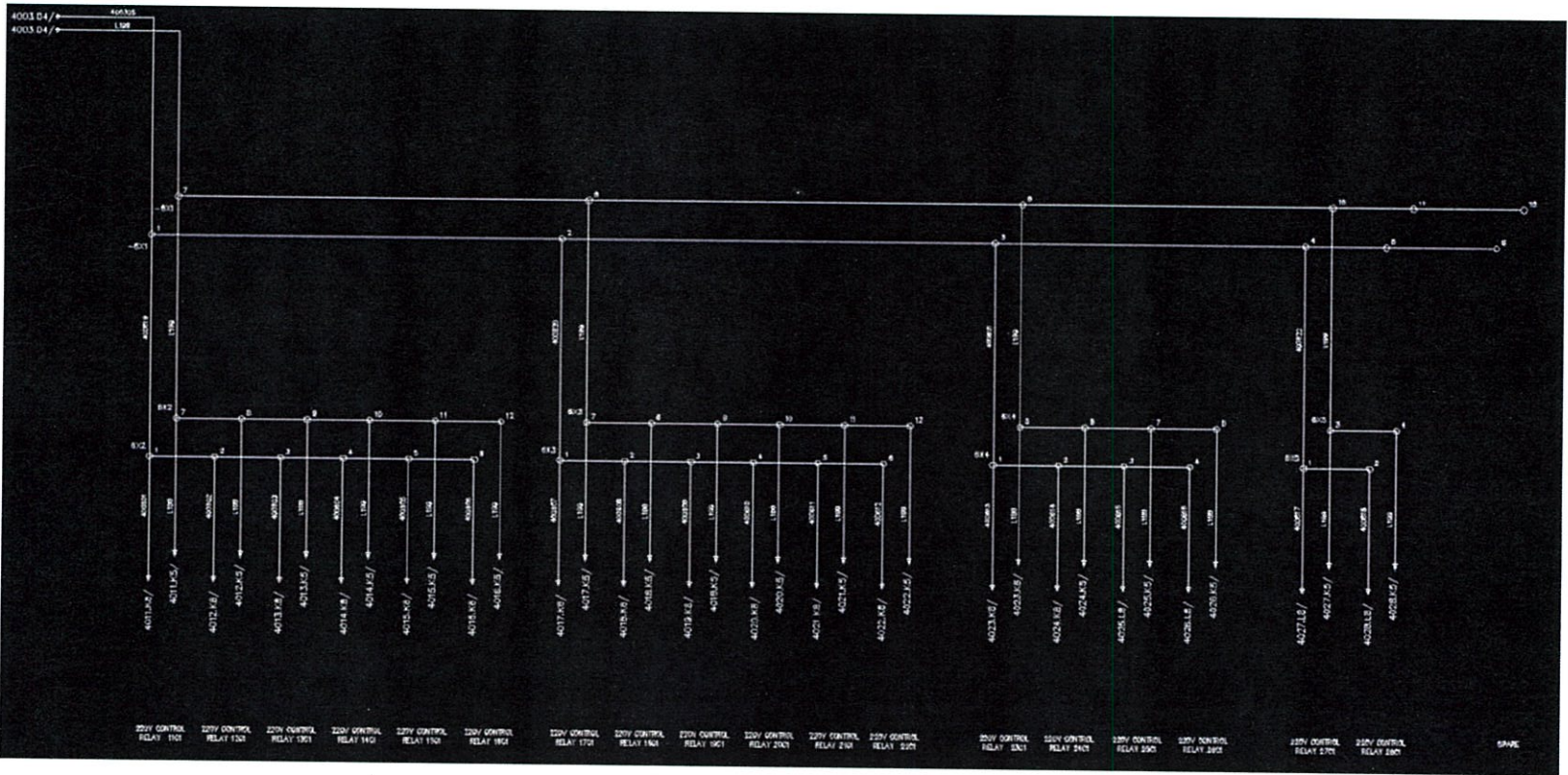


รูปที่ 3.46 Power and Wiring Diagram ของ Power Supply 380VAC/24VDC

3.7.2.4 ต่อไฟ 24VDC ที่ได้จากข้อที่ 3.7.2.3 ไปยังเบรกเกอร์ที่ใช้ควบคุมไฟ 24VDC ซึ่งมีทั้งเบรกเกอร์ของไฟเลี้ยงอุปกรณ์ต่างๆ เบรกเกอร์ไฟเลี้ยงของ Control VFD เบรกเกอร์ไฟเพื่อจ่ายไฟไปที่ Dry Contact ต่างๆ เพื่อเข้า Input ของ PLC หรือ Output จาก PLC

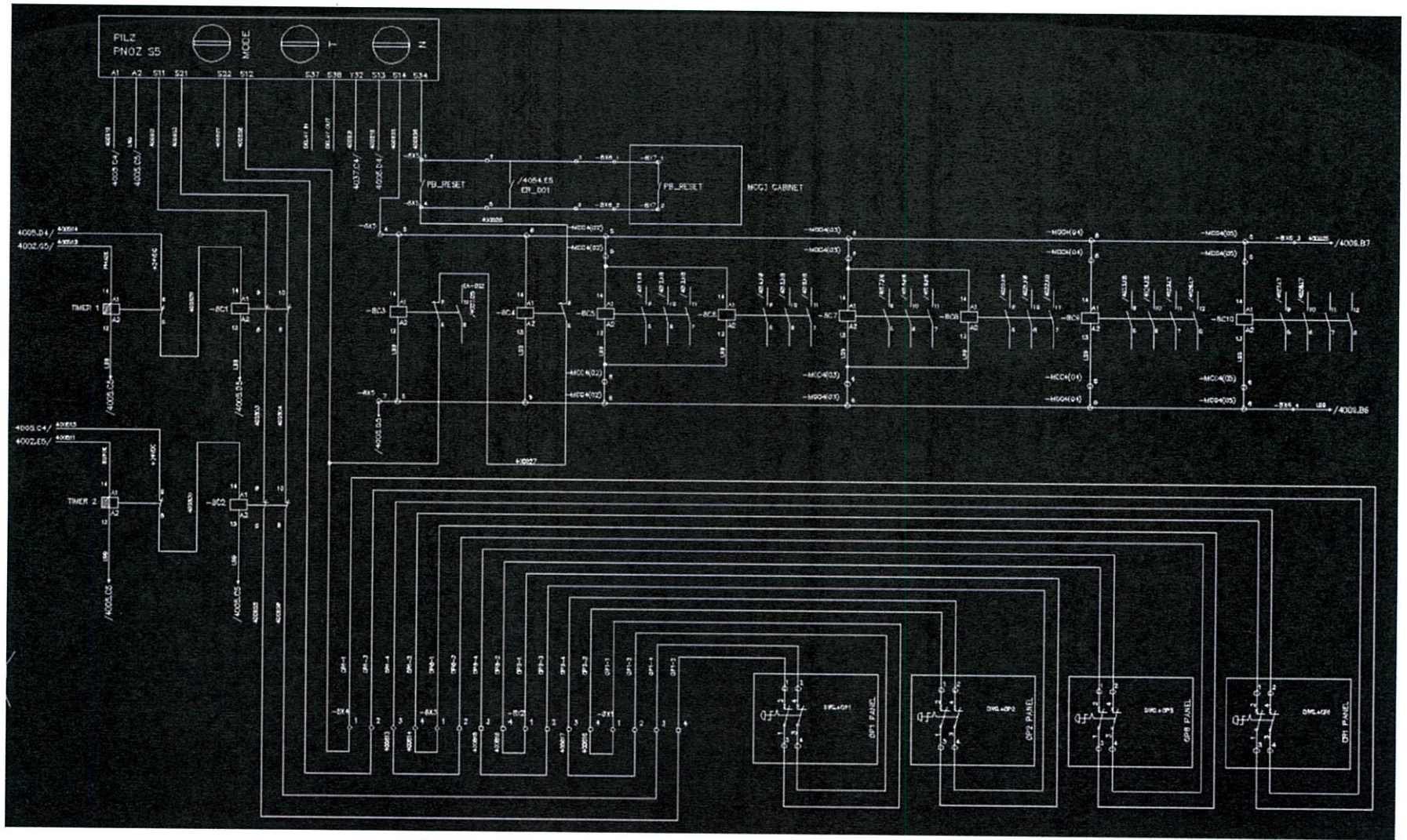


3.7.2.5 Magnetic Contactor ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์จะใช้ไฟ 220VAC ในการสั่งงานถ้าผู้ติดตั้งต้องเดินไฟ 220VAC ไปยังชุดควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 3.48 Power and Wiring Diagram ไฟ 220VAC เพื่อใช้สั่ง Coil ของ Contactor

3.7.2.6 จากรูปที่ 3.49 จะเป็นการเดินสายไฟของ Safety Relay โดย Input จะต่ออนุกรมกับ Surge Protection, Phase Protection และ Emergency Switch เพื่อเป็นสัญญาณฉุกเฉินในการตัด Output ส่วน Output ต่อเข้ากับ Coil ของ Relay เพื่อสั่งตัดไฟ 220VAC ก่อนเข้า Magnetic Contactor ฝั่ง Contact ทำให้ไฟฟ้าจะถูกปลดออกจากมอเตอร์เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินและไม่เป็นอันตรายต่อมอเตอร์



รูปที่ 3.49 Power and Wirne Diagram ของระบบเซฟตี้ภายในตู้

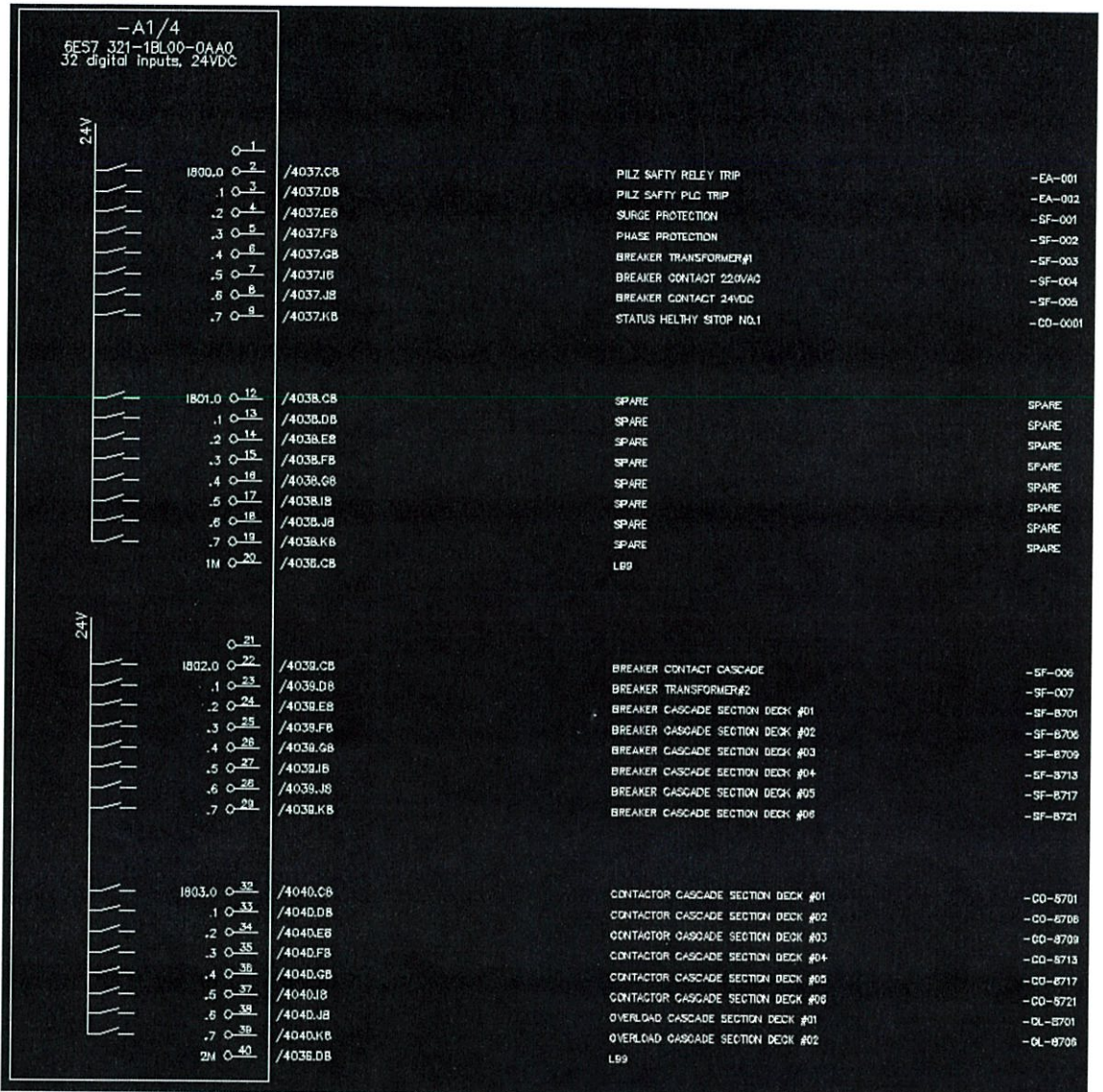


3.7.2.8 ในส่วนของมอเตอร์ชนิด VFD (ปรับความเร็วรอบผ่าน Inverter) การเดินสายจะคล้ายคลึงกับมอเตอร์ชนิด DOL แต่จะแตกต่างกันตรงที่นำ VFD มาแทนที่ Overload Relay ซึ่งภายใน VFD จะมีวงจร Overload Protection อยู่แล้วจึงไม่จำเป็นต้องติดตั้ง Overload Relay เพิ่ม และในส่วนของคอนโทรล นอกจากจะคอนโทรลผ่าน Magnetic Contactor แล้วยังต้องสั่งผ่าน VFD โดยใช้โปรแกรม PLC ผ่าน Profibus Protocol ในสาย RS-485 เพื่อสั่งเริ่มเดินมอเตอร์และปรับความเร็วรอบ

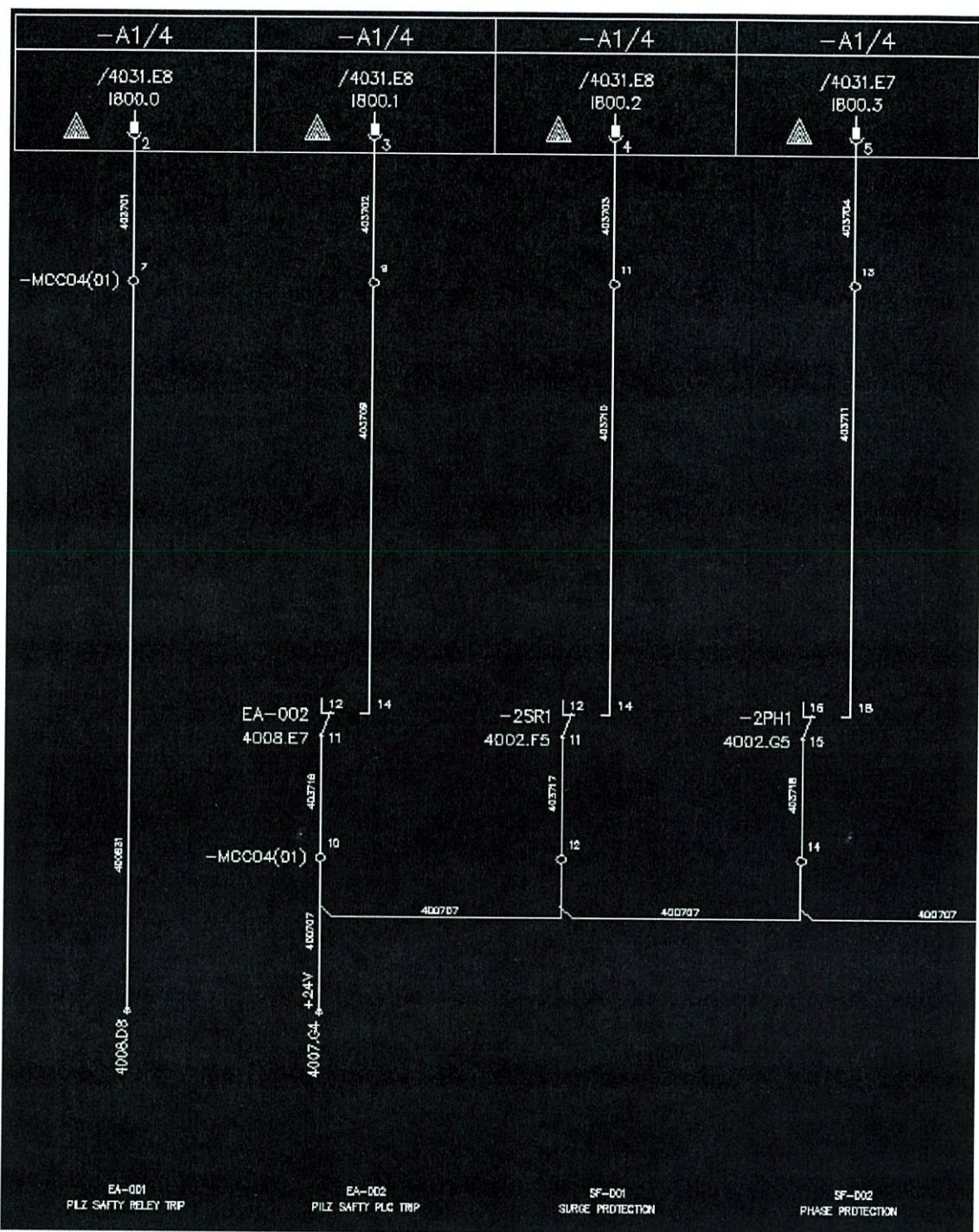


## Power and Wiring Diagram ภาค Control

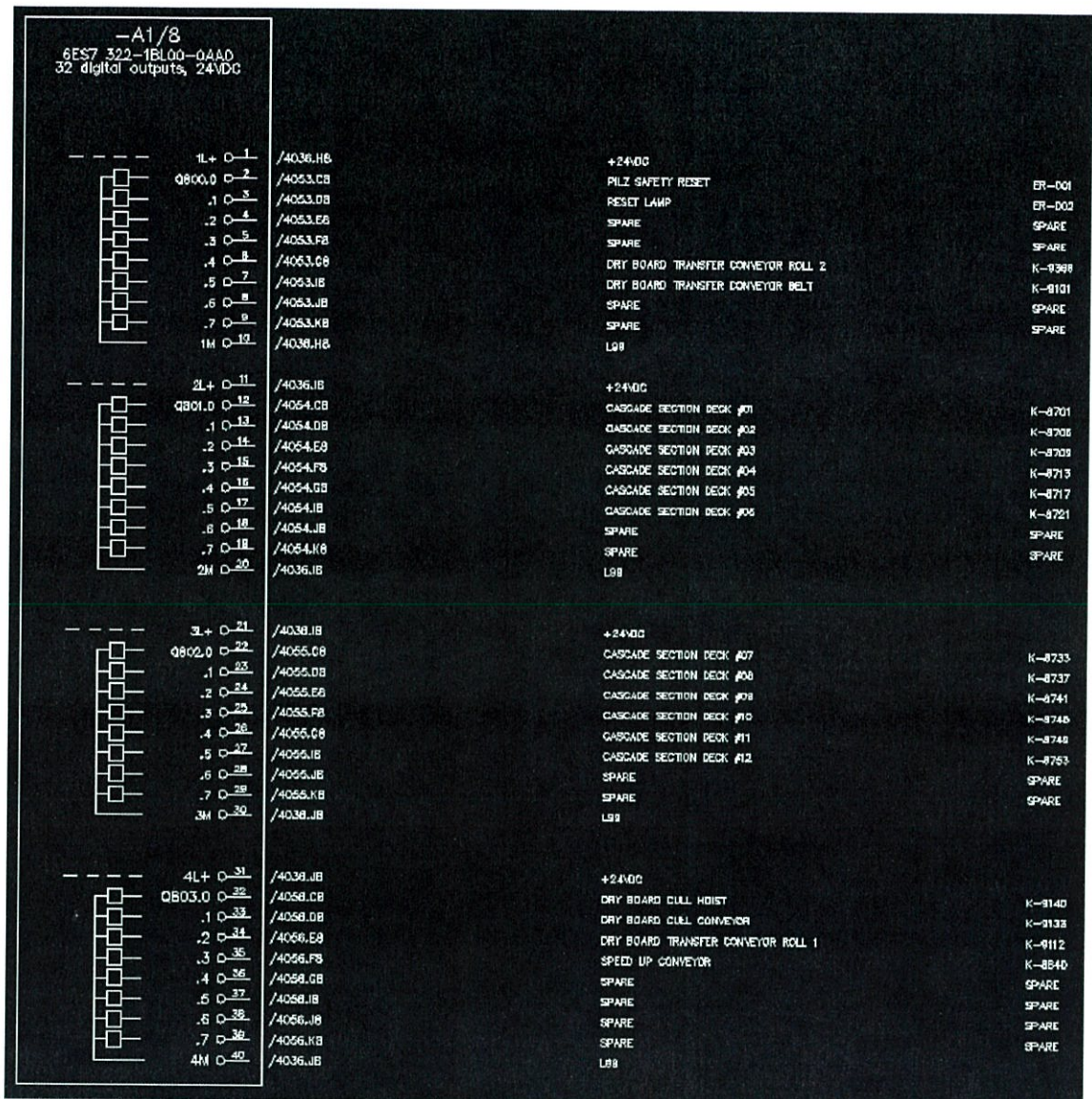
3.7.2.9 ในการเดินสายในภาค Control นั้นจะเป็นการเดินสายจากอุปกรณ์ต่างๆ มาเข้าที่ DI/DO Card ของ PLC รูปแบบการเรียง Point ที่เข้าจะอ้างอิงตามเอกสาร Instrument IO list



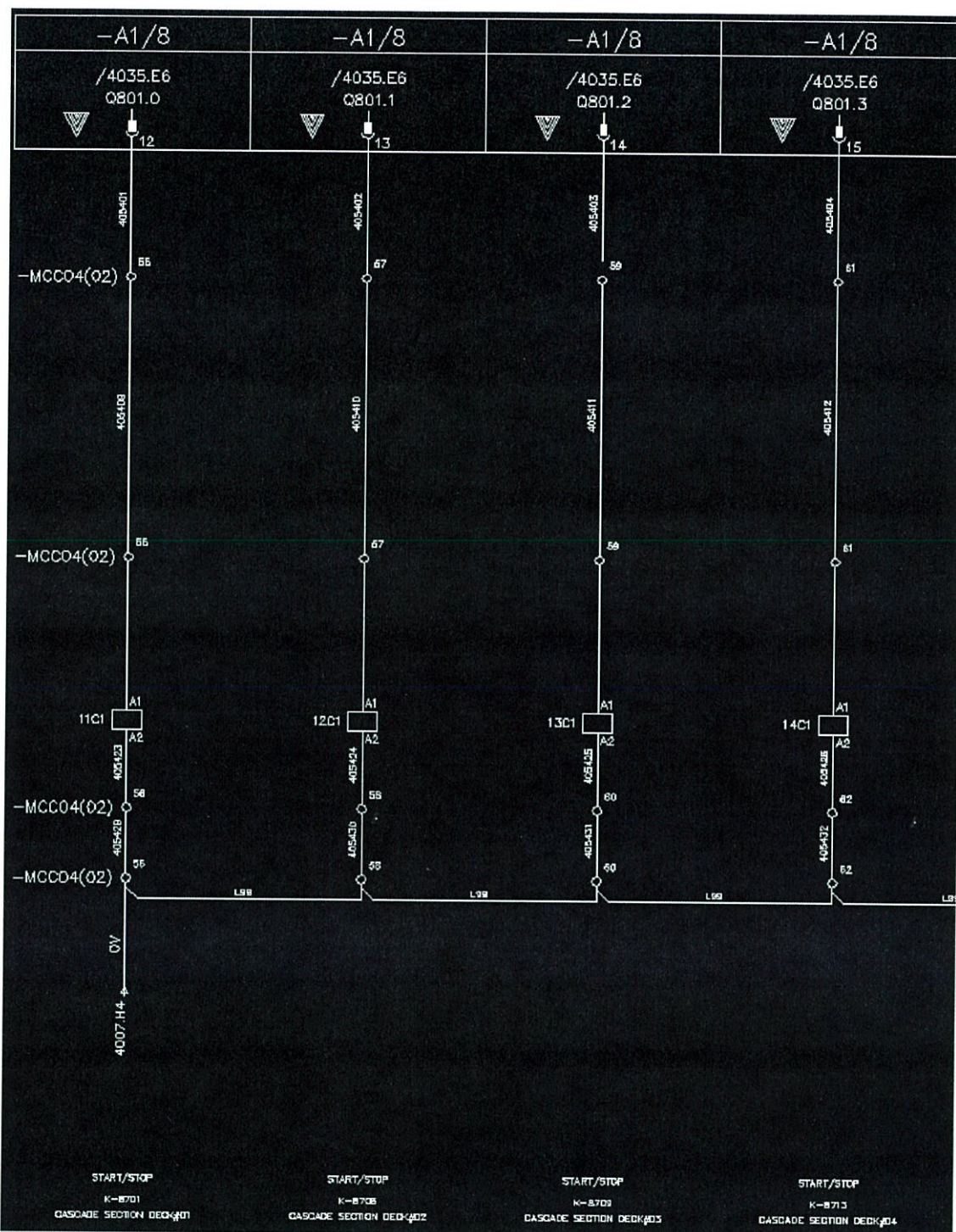
รูปที่ 3.52 รายละเอียดของอุปกรณ์ที่เข้าในแต่ละ Point ของ DI Card



รูปที่ 3.53 Power and Wiring Diagram ของสายที่เดินเข้าในแต่ละ Point ของ DI Card



รูปที่ 3.54 รายละเอียดของอุปกรณ์ที่เข้าในแต่ละ Point ของ DO Card



รูปที่ 3.55 Power and Wiring Diagram ของสายที่เดินเข้าไปในแต่ละ Point ของ DI Card

### 3.7.3 ตรวจสอบเช็คข้อผิดพลาดต่างๆในเอกสาร

ตรวจสอบเช็ครายละเอียดต่างๆ ของแบบที่ทำ อาทิเช่น มาร์คสายไฟ ลิงค์หน้า เลขที่ Terminal ของอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในการเดินสายจริง

### 3.8 ส่งแบบให้ลูกค้าตรวจเช็คเพื่ออนุมัติ

ในขั้นตอนนี้จะทำการรวบรวมเอกสารทั้งหมดซึ่งจะประกอบด้วย

1. Panel and Layout
2. Instrument IO List
3. Power and Wiring Diagram

ส่งให้ทางลูกค้าตรวจเช็คครั้งสุดท้าย เพื่อที่จะได้นำเอกสารที่ทำไปอ้างอิงแบบในการทำตู้จริงต่อไป

## บทที่ 4

### ผลการออกแบบตู้คอนโทรล

#### 4.1 กล่าวนำ

จากบทที่ 3 ได้กล่าวถึงรายละเอียดวิธีการและขั้นตอนต่างๆในการออกแบบตู้คอนโทรลในแต่ละตู้ ในบทนี้จะสรุปผลของการออกแบบตู้คอนโทรลทั้งหมดที่นักศึกษาได้ดำเนินการออกแบบในช่วงระยะเวลา สหกิจศึกษา

#### 4.2 ตู้คอนโทรลที่ได้รับการออกแบบ

นักศึกษาได้รับหน้าที่ทำการออกแบบตู้ในช่วงเวลาสหกิจศึกษาทั้งหมด 16 ตู้ แบ่งเป็น

##### 4.2.1 ตู้ MCC (Motor Control Center) จำนวน 15 ตู้

ภายในตู้ MCC จะประกอบไปด้วย Remote Card ของ PLC อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ต่างๆ อุปกรณ์เซฟตี้ทางไฟฟ้าต่างๆ หม้อแปลงไฟฟ้า 380VAC ไปเป็น 220VAC เพื่อใช้ภายในตู้ และ ลากไฟไปยังตู้ OP และ CR

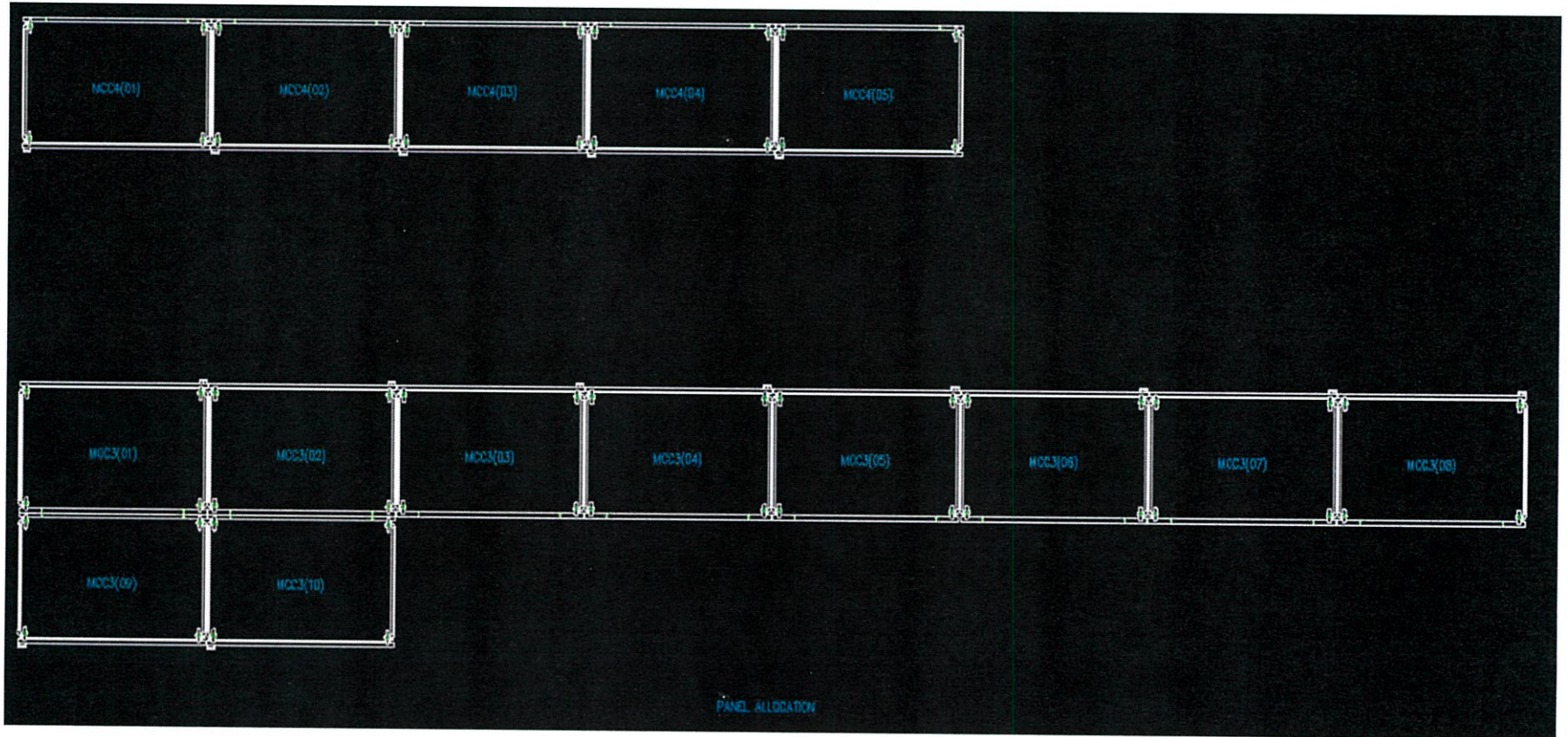
ภายในตู้ MCC ทั้งหมดจะประกอบไปด้วย

##### 4.2.1.1 ตู้ MCC4 จำนวน 5 ตู้ (โซนด้านบนจากรูปที่ 4.1): MCC4 (01) – MCC4 (05)

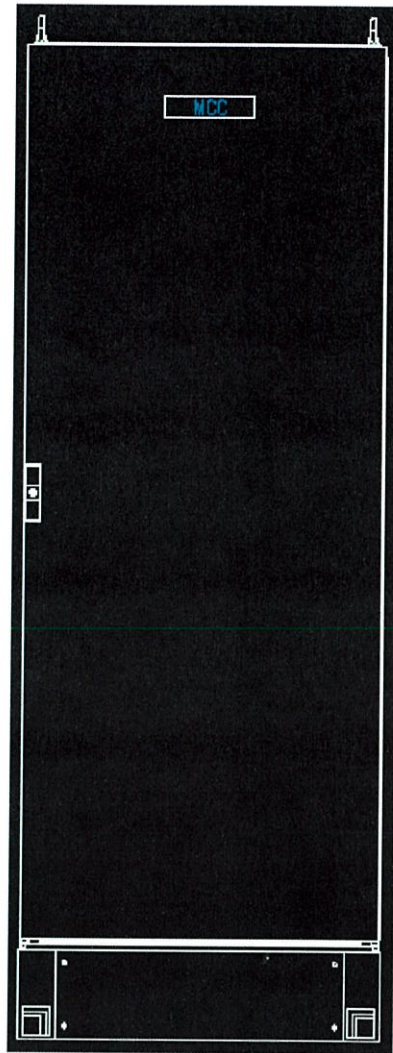
ตู้ MCC4 จะประกอบด้วย Remote Card ของ PLC อุปกรณ์ไฟฟ้าในการควบคุมมอเตอร์โซน Cascade และ Dry Board ในสายการผลิต, อุปกรณ์เซฟตี้ในโครงการ, หม้อแปลงไฟฟ้า 380VAC ไปเป็น 220VAC เพื่อใช้ภายในตู้ MCC4 และลากไปยังตู้ OP และ CR

##### 4.2.1.2 ตู้ MCC3 จำนวน 10 ตู้ (โซนด้านล่างจากรูปที่ 4.1): MCC3 (01) – MCC4 (10)

ตู้ MCC3 จะประกอบด้วย Remote Card ของ PLC อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์โซน Kiln Chain และ Pull Out ในสายการผลิต หม้อแปลงไฟฟ้า 380VAC ไปเป็น 220VAC เพื่อใช้ภายในตู้ MCC3 ในส่วนของอุปกรณ์เซฟตี้สำหรับปลดไฟฟ้าออกจากมอเตอร์จะรับสัญญาณมาจากอุปกรณ์เซฟตี้ในตู้ MCC4



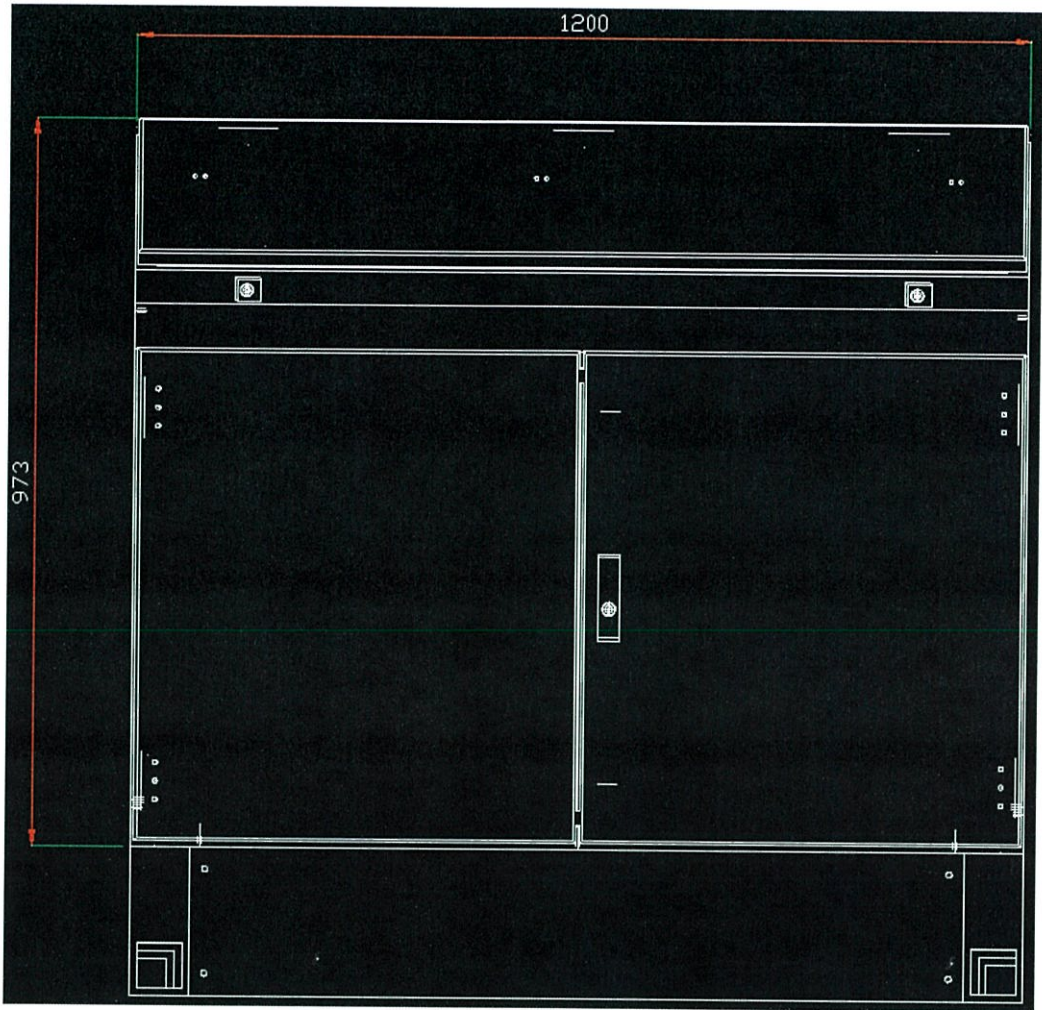
รูปที่ 4.1 Top View ของตู้ MCC จำนวน 15 ตู้



รูปที่ 4.2 Front View ของตู้ MCC

#### 4.2.2 ตู้ OP1 (Operation Panel 1) จำนวน 1 ตู้

ในตู้ OP 1 จะเป็นตู้ที่ใช้ในการสั่งงานควบคุมมอเตอร์และแสดงไฟสถานะต่างๆ ของสายการผลิต และเป็นตู้ในการเชื่อมต่อเซนเซอร์ต่างๆในบริเวณใกล้เคียงเข้ากับ PLC ดังนั้นภายในตู้ OP1 จะประกอบด้วย Remote Card ของ PLC, Switch สั่งงานต่างๆ หลอดไฟ (Lamp) แสดงสถานะ และเทอร์มินอลของเซนเซอร์บริเวณใกล้เคียง



รูปที่ 4.3 Front View ของตู้ OP1

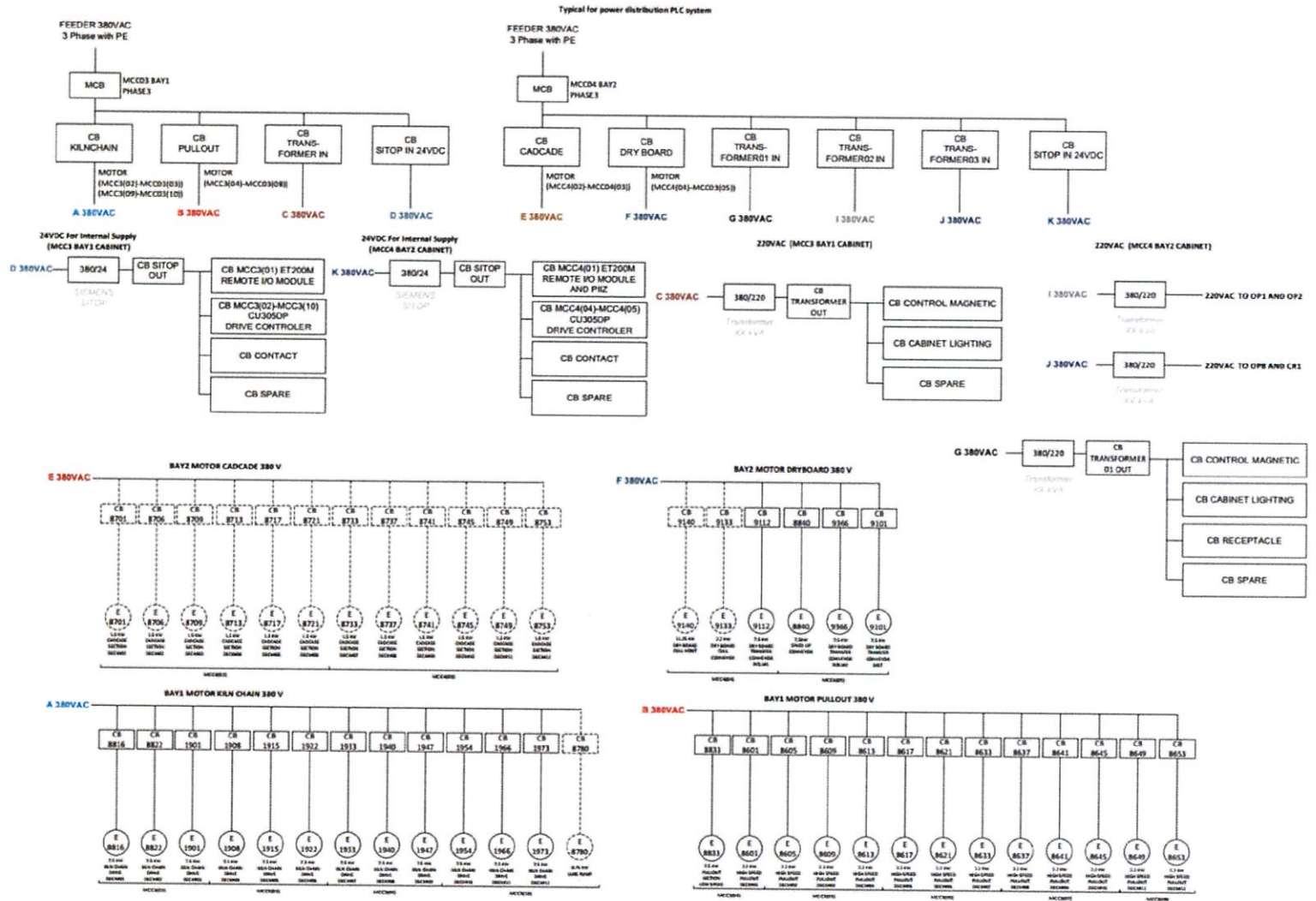
#### 4.3 เอกสารที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบในแต่ละตู้จะประกอบไปด้วย

1. Typical of Power Distribution
2. Power Consumption
3. Panel and Layout
4. Instrument IO List
5. Power and Wiring Diagram

##### 4.3.1 Typical of Power Distribution

เป็นเอกสารเริ่มต้นในการเริ่มทำโครงการนี้จะเป็นภาพรวมของระบบไฟฟ้าในโครงการ



รูปที่ 4.4 เอกสาร Typical of Power Distribution

### 4.3.2 Power Consumption

เป็นเอกสารสำคัญการเลือกเบรกเกอร์ หรือสายไฟ ให้เหมาะสมกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน สามารถนำข้อมูลจากเอกสารนี้ไปคำนวณกระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลผ่านเบรกเกอร์หรือสายไฟนั้น จากนั้นจึงเลือกขนาดของเบรกเกอร์หรือขนาดของสายไฟให้เหมาะสมได้

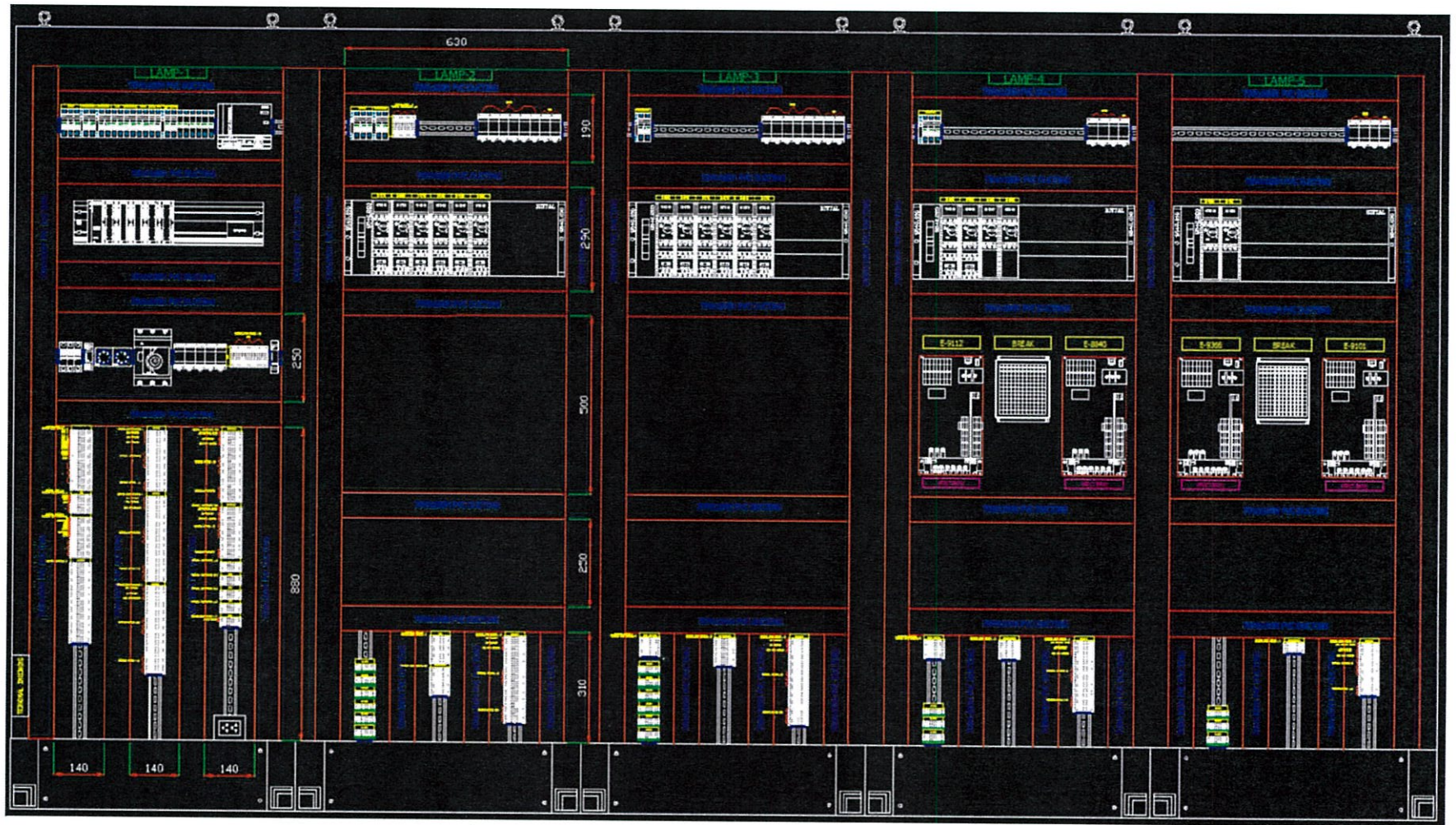
<b>Power Load Consumption and Heat Dissipation for PLC Control System at Take-off Line Phase3</b>					
<b>Section A1: 24VDC Power Load Consumption for MCC04</b>					
<b>PLC REMOTE I/O SYSTEM MCC04 Cabinet (5 BAY) PHASE 3</b>					
No.	Description	Power Consumption	Qty	Total Power Consumption	Total Cooling Load (BTU/Hr)
<b>MAIN REMOTE IO MCC03 RACK</b>					
1	SIMATIC DP, INTERFACE IM 153-1, FOR ET 200M, FOR MAX. 8 S7-300 MODULES	15.00	1	15.00	51.18
2	SIMATIC S7-300, DIGITAL INPUT SM 321, OPTICALLY ISOLATED 32DI, 24 V DC, 1 X 40 PIN	0.36	2	0.72	2.46
3	SIMATIC S7-300, DIGITAL OUTPUT SM 322, OPTICALLY ISOLATED, 32DO, 24V DC, 0.5A, 1 X 40 PIN, SUM OF OUTPUT CURRENTS 4A/GROUP	2.64	1	2.64	9.01
<b>24VDC Power VAIRY FREQUENTCY DRIVE CONTROLLER</b>					
4	CU305 PN / CU305 DP / CU305 CAN Control Units	27.60	4	110.40	376.68
<b>24VDC Power Load Consumption Outside supply for MCC04</b>					
5	SLIM RELAY FOR DIGITAL OUTPUT	0.12	32	3.84	13.10
6	PHOTO ELECTRIC SENSOR, DC PNP	0.60	0	0.00	0.00
7	INDUCTIVE SENSOR, DC PNP 3	0.48	0	0.00	0.00
8	ENCODER	3.00	0	0.00	0.00
9	LED Lamp (Schneider Harmony XB4)	0.43	1	0.43	1.47
10	INTERPOSING RELAY (MY4)	0.90	28	25.20	85.98
11	Safety Relay (PILZ Relay)	4.00	1	4.00	13.65
	<b>Total</b>			<b>162.23</b>	<b>539.89</b>

รูปที่ 4.5 เอกสาร Power Consumption

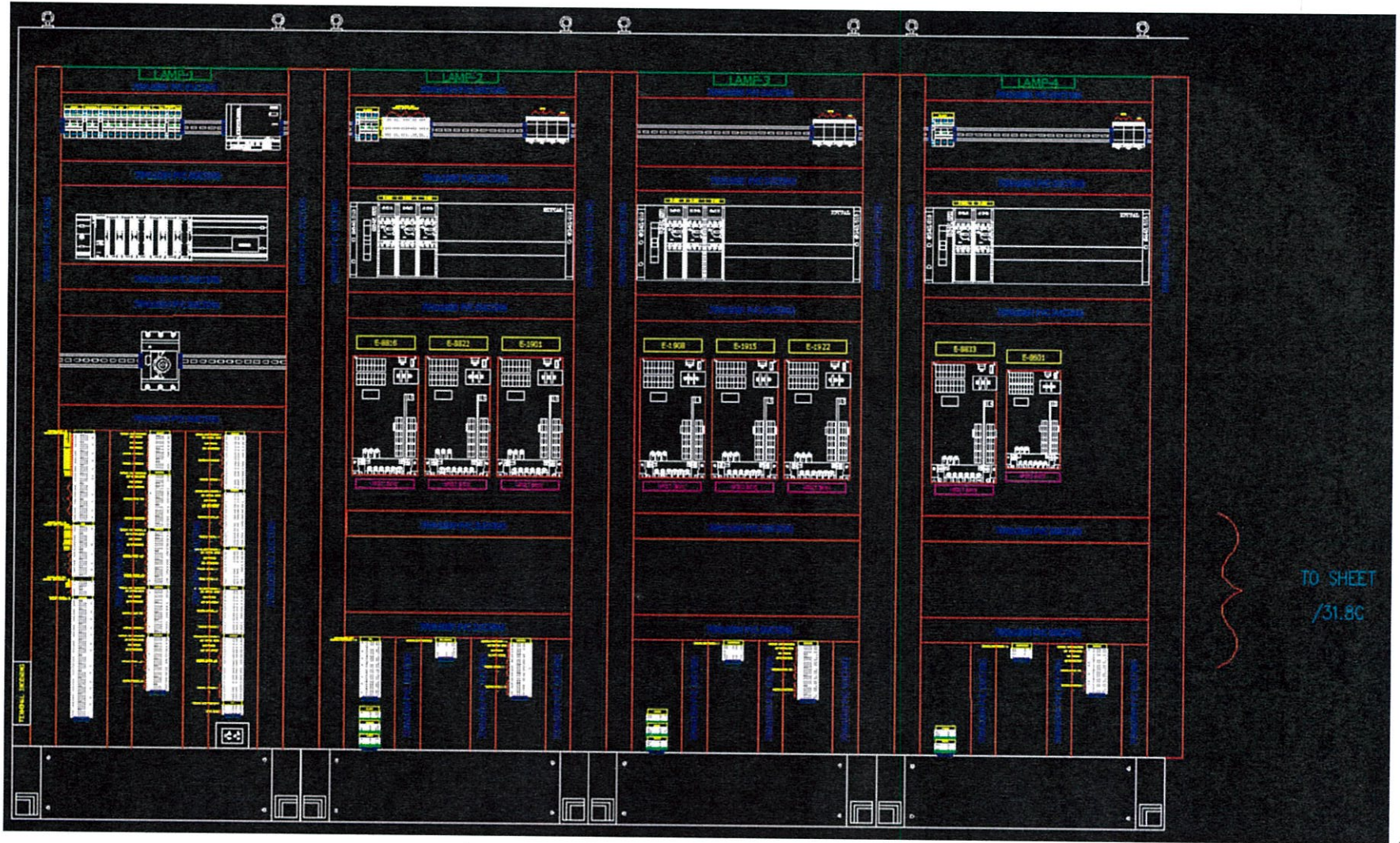
จากรูปที่ 4.5 เป็นข้อมูลกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า 24VDC ภายในตู้ MCC4 จากเอกสาร Power Consumption ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปหาค่ากำลังไฟฟ้ารวม และหาขนาดของเบรกเกอร์ที่ใช้ปลดวงจรของไฟ 24 VDC ในตู้ MCC4 ได้เหมาะสม

### 4.3.3 Panel and Layout

เป็นเอกสารที่ใช้เป็นต้นแบบในการประกอบและการวางอุปกรณ์ต่างๆ ภายในตู้ ให้กับช่างที่ทำตู้

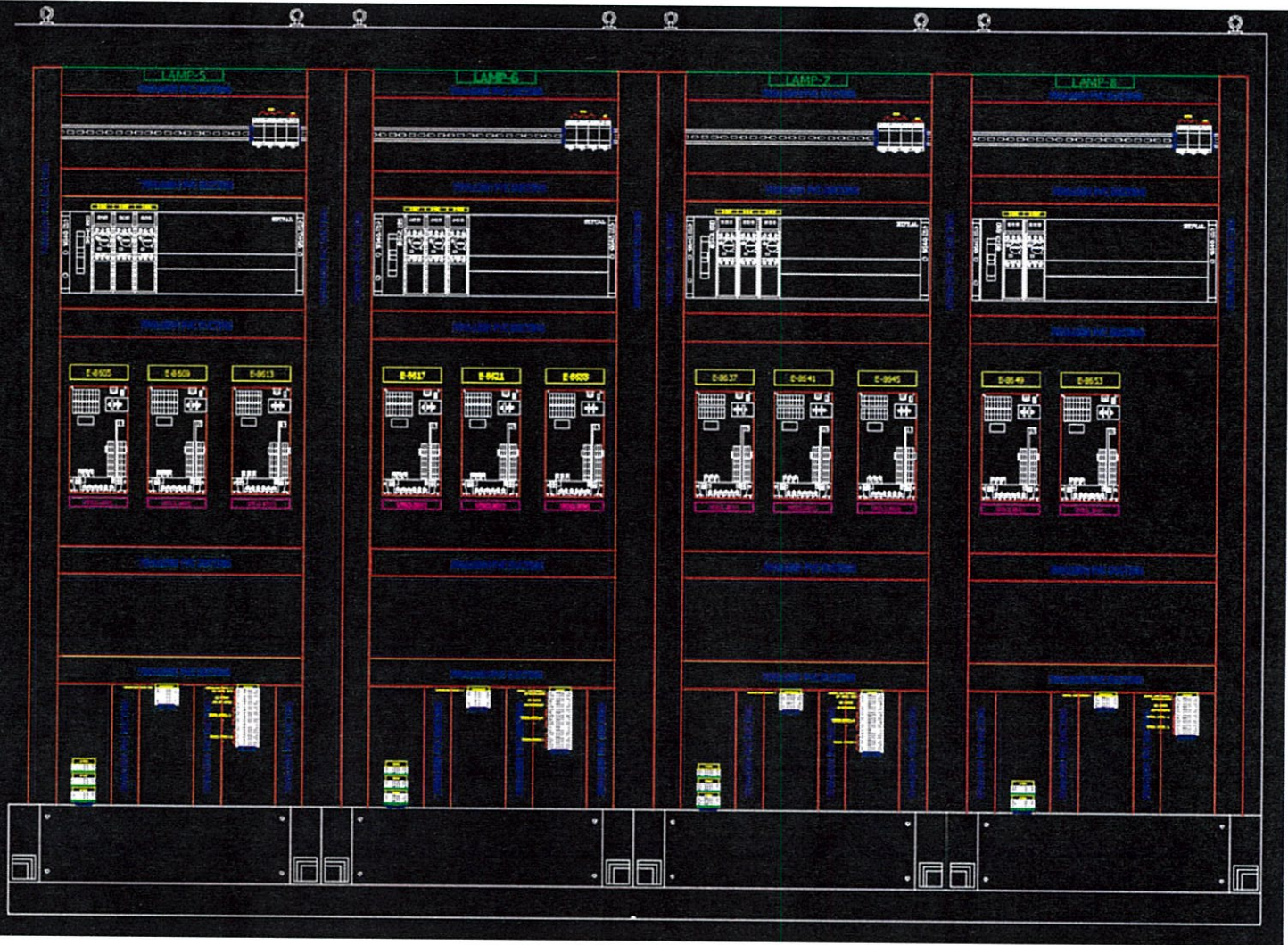


รูปที่ 4.6 Panel and Layout ตู้ MCC4 จำนวน 5 ตู้

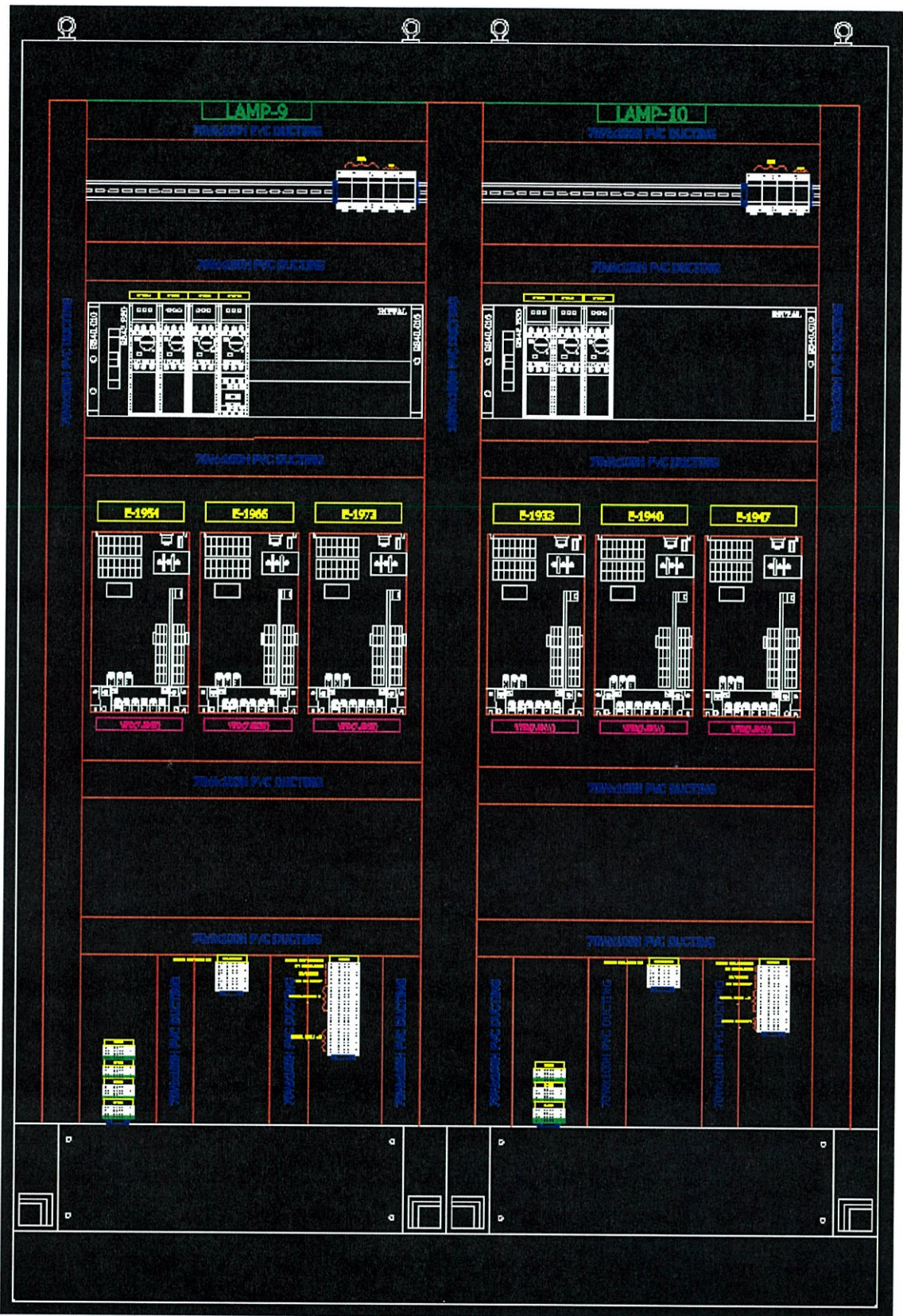


รูปที่ 4.7 Panel and Layout ตู้ MCC3 (01) - MCC3 (04)

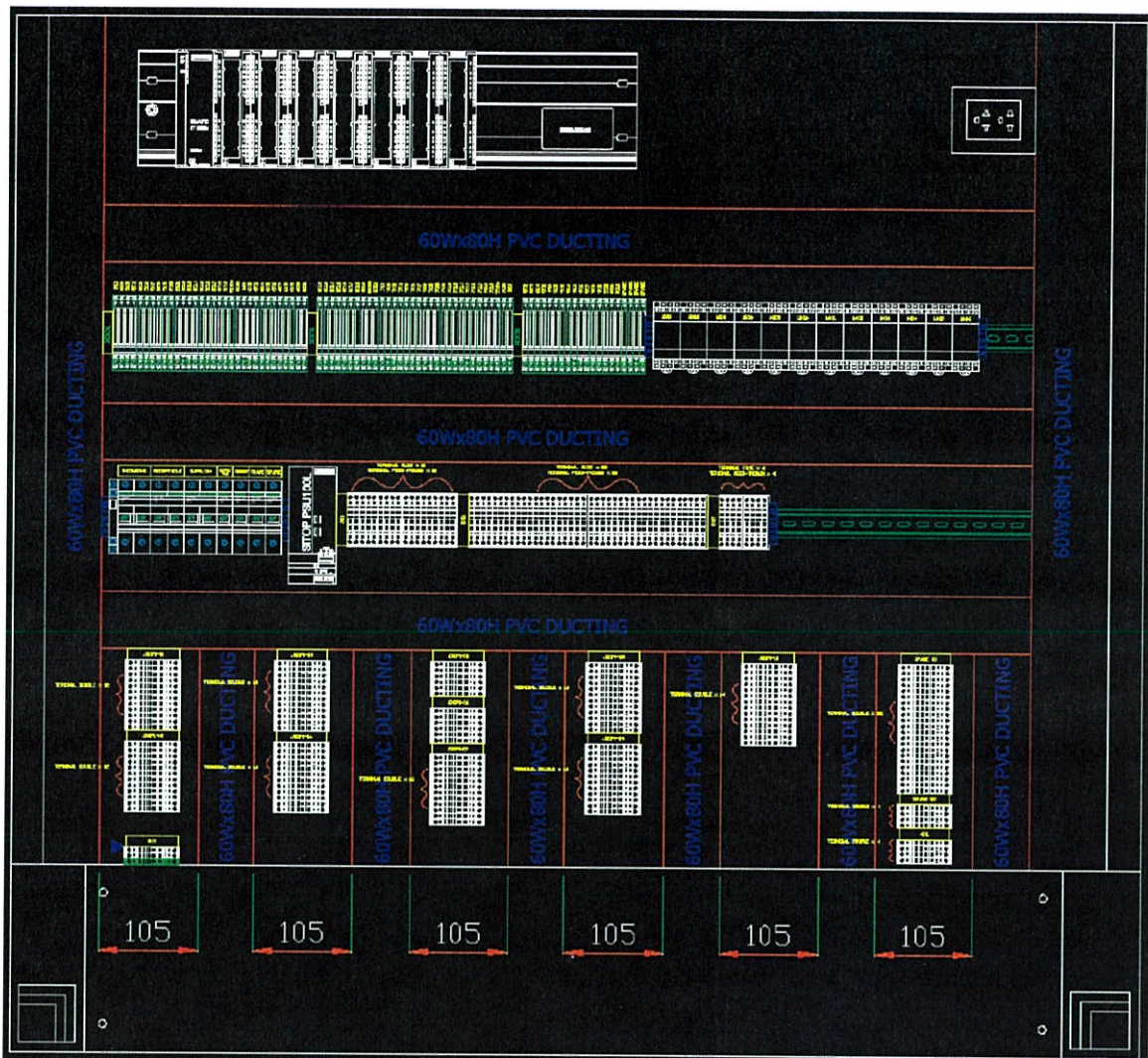
FROM SHEET  
/30.BK



รูปที่ 4.8 Panel and Layout ตู้ MCC3 (05) - MCC3 (08)



รูปที่ 4.9 Panel and Layout ที่ MCC3 (09) - MCC3 (10)




รูปที่ 4.10 Panel and Layout ตู้ OP1



#### 4.3.4 Instrument IO List

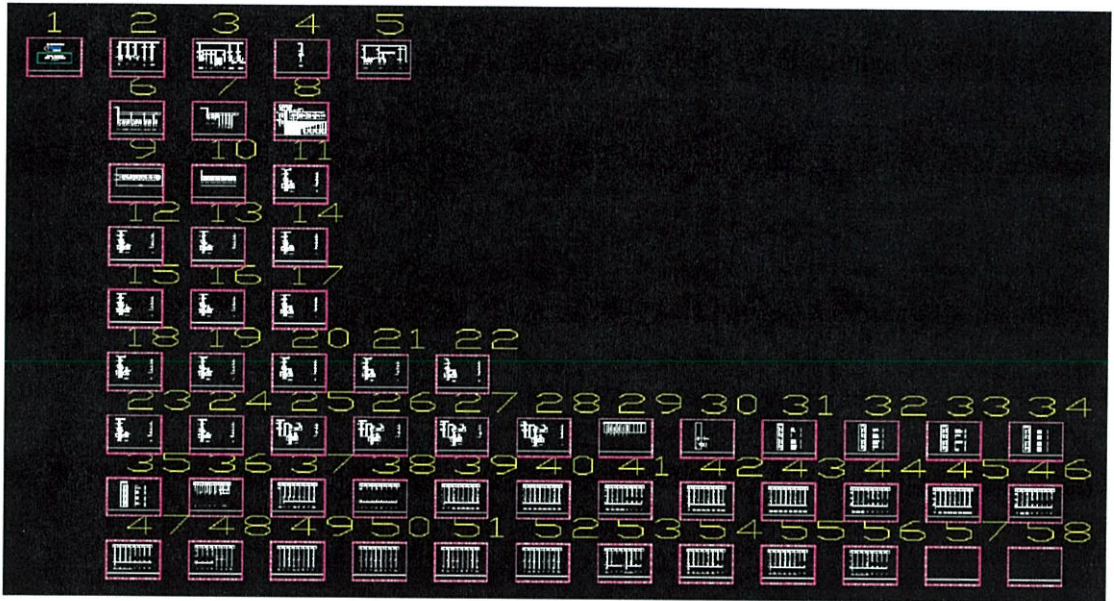
เป็นเอกสารในการอ้างอิงตำแหน่งของ Address ของ PLC สำหรับผู้เขียนโปรแกรม PLC ในโครงการงานนี้สามารถทราบได้ว่าอุปกรณ์ใดที่เชื่อมต่อกับ Address ในแต่ละ Point และนำไปเขียนโปรแกรมได้ถูกต้อง

INSTRUMENT I/O LIST								
Project : งานปรับปรุงระบบไฟฟ้าและ PLC Take off Line 1 (Phase-3)								
ITEM No.	TAG No. M/C CODE	DEVICE TYPE	DESCRIPTION	PLC LOCATION (CAB.)	IO CARD	SLOT	CHANEL	
136	SPARE			PLC-MCC04	DO01	8	7	Q800.7
137	K-8701	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 01	PLC-MCC04	DO01	8	8	Q801.0
138	K-8706	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 02	PLC-MCC04	DO01	8	9	Q801.1
139	K-8709	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 03	PLC-MCC04	DO01	8	10	Q801.2
140	K-8713	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 04	PLC-MCC04	DO01	8	11	Q801.3
141	K-8717	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 05	PLC-MCC04	DO01	8	12	Q801.4
142	K-8721	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 06	PLC-MCC04	DO01	8	13	Q801.5
143	SPARE			PLC-MCC04	DO01	8	14	Q801.6
144	SPARE			PLC-MCC04	DO01	8	15	Q801.7
145	K-8733	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 07	PLC-MCC04	DO01	8	16	Q802.0
146	K-8737	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 08	PLC-MCC04	DO01	8	17	Q802.1
147	K-8741	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 09	PLC-MCC04	DO01	8	18	Q802.2
148	K-8745	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 10	PLC-MCC04	DO01	8	19	Q802.3
149	K-8749	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 11	PLC-MCC04	DO01	8	20	Q802.4
150	K-8753	CONTACTOR	CASCADE SECTION DECK # 12	PLC-MCC04	DO01	8	21	Q802.5
151	SPARE			PLC-MCC04	DO01	8	22	Q802.6
152	SPARE			PLC-MCC04	DO01	8	23	Q802.7
153	K-9140	CONTACTOR	DRY BOARD CULL HOIST	PLC-MCC04	DO01	8	24	Q803.0
154	K-9133	CONTACTOR	DRY BOARD CULL CONVEYOR	PLC-MCC04	DO01	8	25	Q803.1
155	K-9112	CONTACTOR	DRY BOARD TRANSFER CONVEYOR ROLL 1	PLC-MCC04	DO01	8	26	Q803.2
156	SPARE			PLC-MCC04	DO01	8	27	Q803.3
157	SPARE			PLC-MCC04	DO01	8	28	Q803.4
158	SPARE			PLC-MCC04	DO01	8	29	Q803.5
159	SPARE			PLC-MCC04	DO01	8	30	Q803.6
160	SPARE			PLC-MCC04	DO01	8	31	Q803.7
161	SF-001	AUXILIARY	BREAKER TRANSFERMER	PLC-MCC03	DI01	4	0	I900.0
162	SF-002	AUXILIARY	BREAKER CONTACT 220VAC	PLC-MCC03	DI01	4	1	I900.1
163	SF-003	AUXILIARY	BREAKER CONTACT 24VDC	PLC-MCC03	DI01	4	2	I900.2
164	CO-0002	CONTACTOR	STATUS HELTHY SITOP No.2	PLC-MCC03	DI01	4	3	I900.3

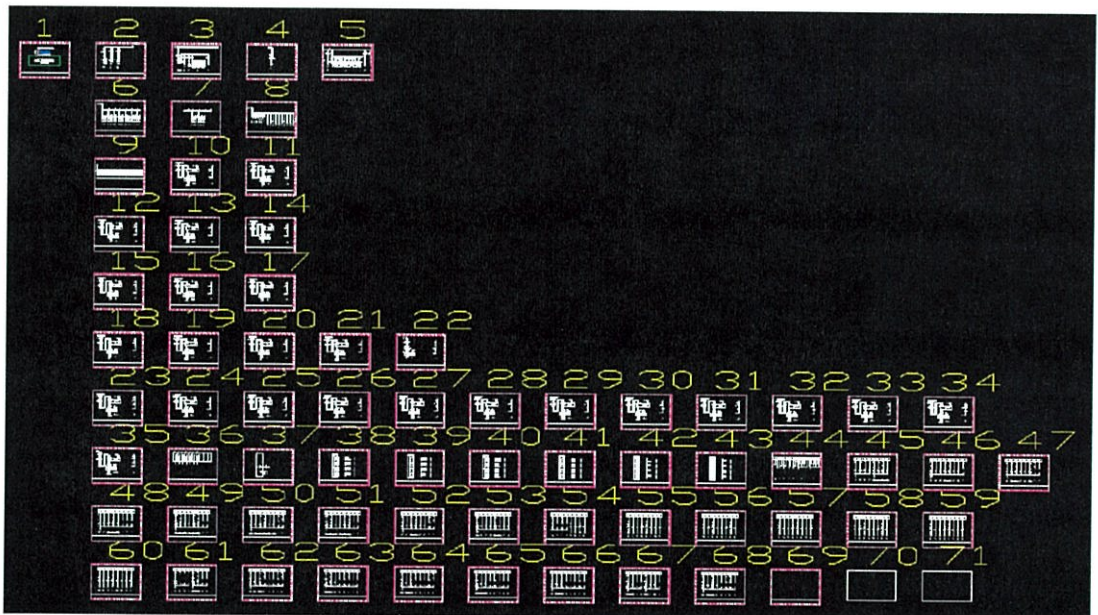
รูปที่ 4.12 เอกสาร Instrument IO List

#### 4.3.5 Power and Wiring Diagram

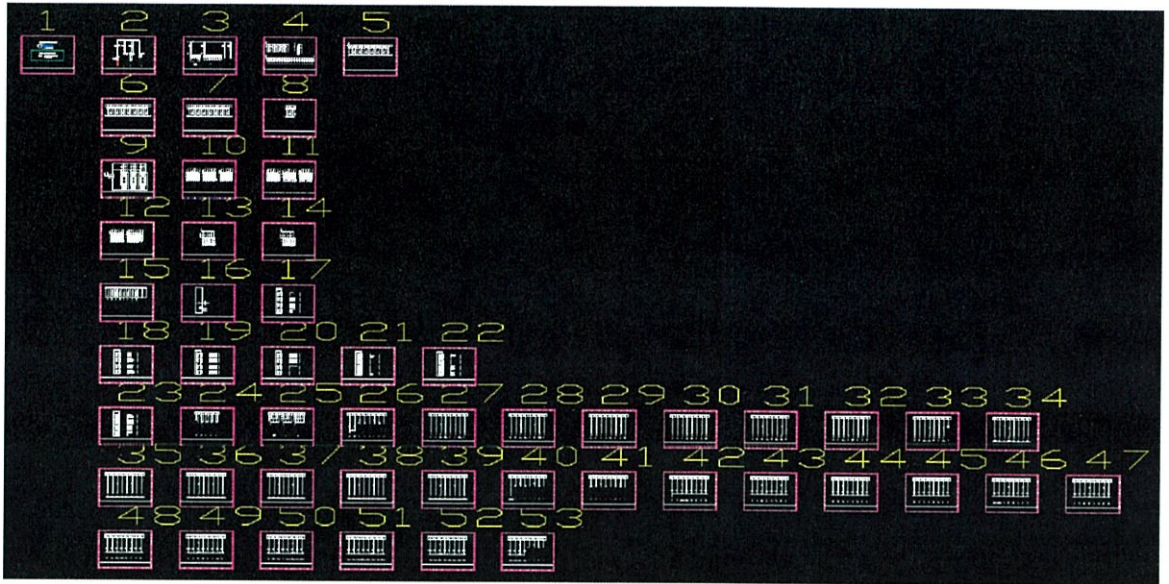
หลังจากที่ช่างที่ทำตู้ได้จัดวางอุปกรณ์ไปในตู้ตามเอกสาร Panel and Layout ในการเดินสายไฟของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าแต่ละตัวจะอ้างอิงตามเอกสารนี้ อาทิเช่น มาร์คสายไฟต่างๆ การเข้าสายไฟในแต่ละตัวของอุปกรณ์ เป็นต้น



รูปที่ 4.13 Power and Wiring Diagram ตู้ MCC4



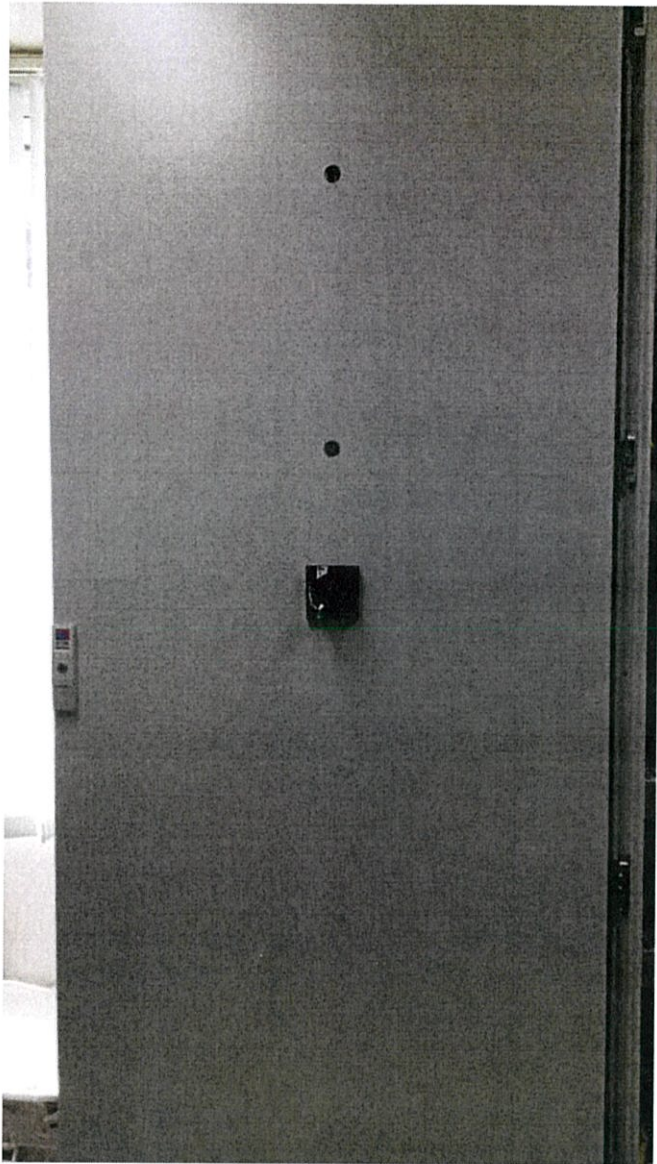
รูปที่ 4.14 Power and Wiring Diagram ตู้ MCC3



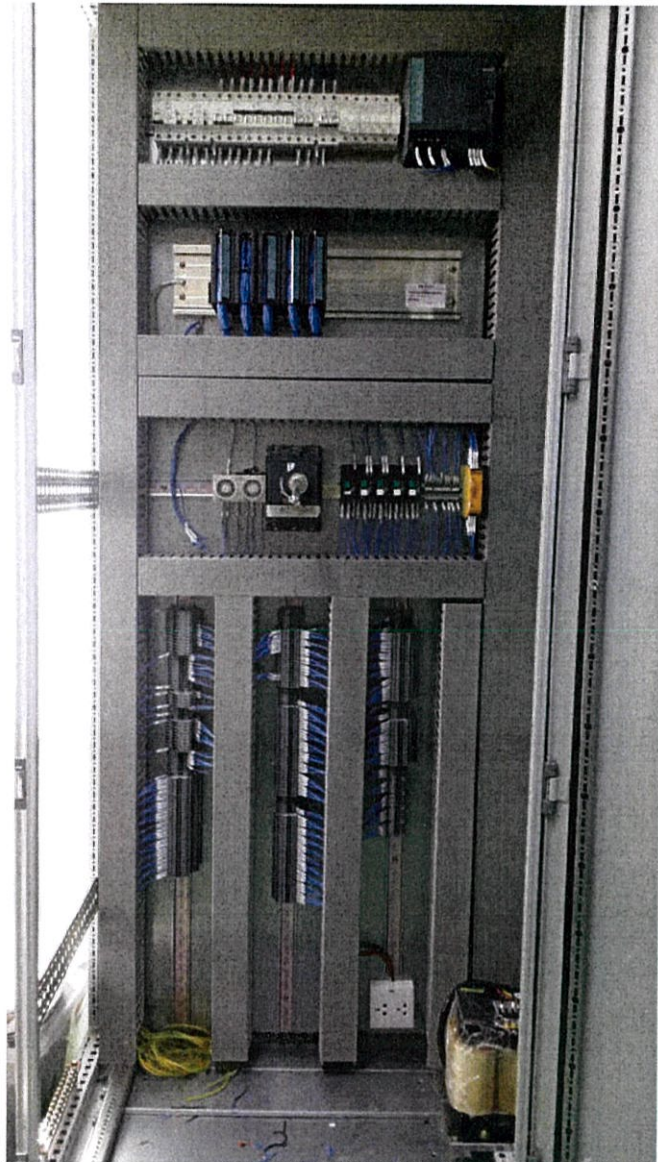
รูปที่ 4.15 Power and Wiring Diagram ตู้ OP1

#### 4.4 ภาพของตู้จริงที่ได้ทำตามทีออกแบบไว้

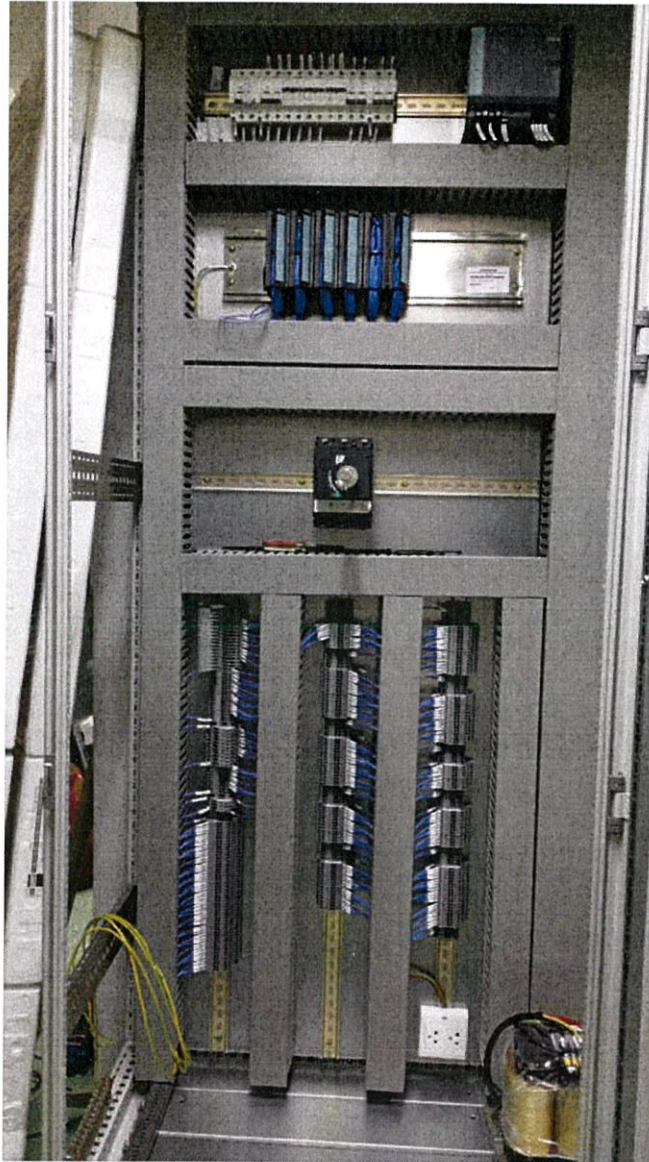
ในช่วงระยะเวลาสทกิจอยู่ระหว่างกระบวนการทำตู้จริงเป็นตู้ MCC จำนวน 15 ตู้ เพียงเท่านั้น สำหรับตู้อื่นๆจึงจำเป็นต้องส่งต่องานให้พี่ที่ปรึกษาดูแลต่อไป



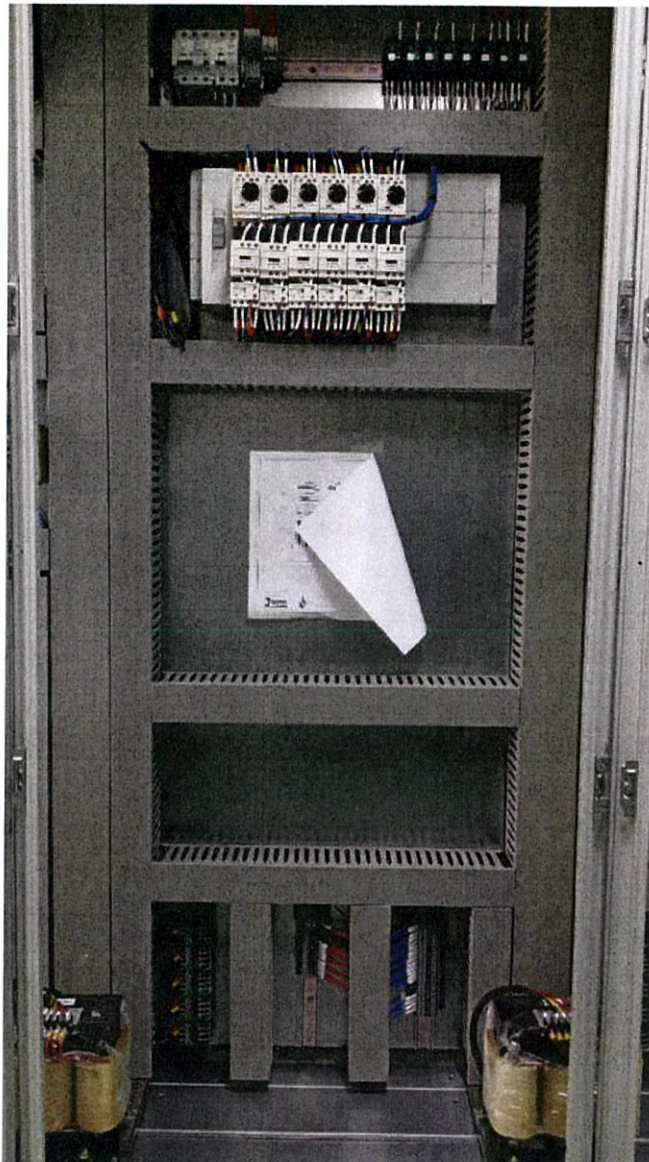
รูปที่ 4.16 หน้าตู้ของตู้ MCC มี Switch เปิด-ปิด Main Breaker และไฟแสดงสถานะ



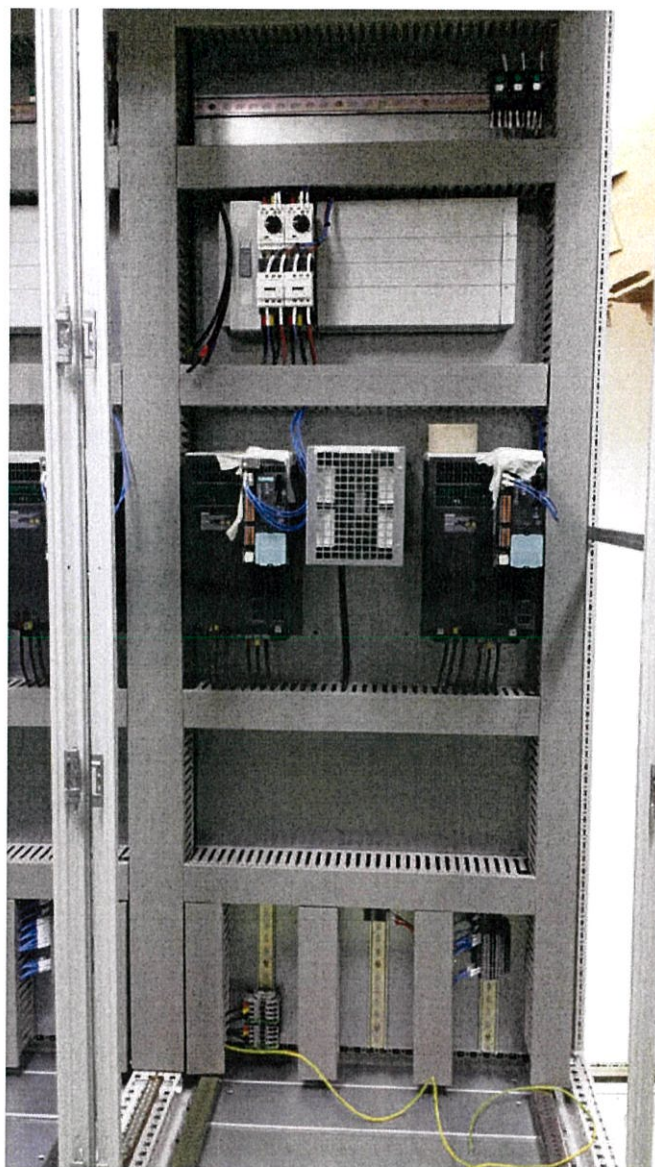
รูปที่ 4.17 Panel ในตู้ MCC4 (01)



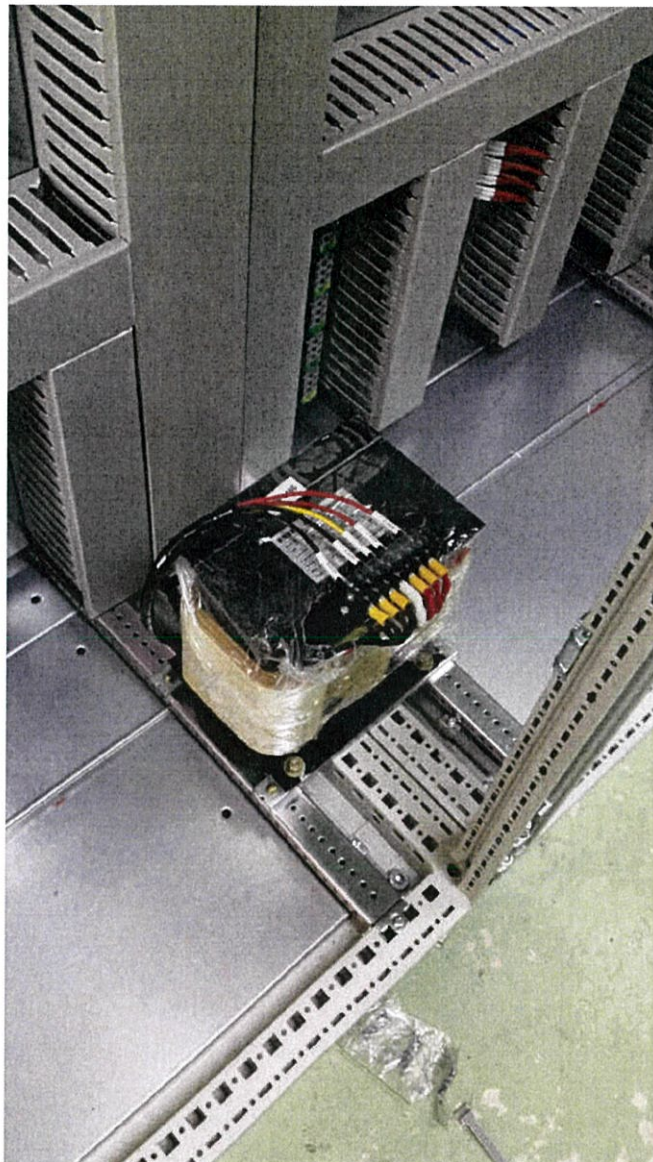
รูปที่ 4.18 Panel ในตู้ MCC3 (01)



รูปที่ 4.19 Panel ในชุดควบคุมมอเตอร์แบบ DOL



รูปที่ 4.20 Panel ในชุดควบคุมมอเตอร์แบบ VFD



รูปที่ 4.21 Transformer 380VAC/220VAC ที่ใช้ในโครงการ

## บทที่ 5

### สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานทำโครงการในเรื่องการปรับปรุงระบบไฟฟ้าสายการผลิตที่ 1 เฟสที่ 3 การดำเนินการออกแบบตู้ MCC (Motor Control Center) จำนวน 15 ตู้ และ OP1 (Operation Panel 1 ) จำนวน 1 ตู้ ผลการออกแบบได้ผ่านการเห็นชอบและตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญโครงการและลูกค้า เอกสารการออกแบบได้ปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องและเหมาะสมตามความต้องการของลูกค้า เอกสารการออกแบบที่นักศึกษาได้ทำได้ส่งมอบให้กับช่างผู้ทำตู้เพื่อดำเนินการทำตู้คอนโทรลจริงต่อไป

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

เอกสารที่ออกแบบในตอนแรกไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า ทำให้การดำเนินการสั่งของเกิดความล่าช้าส่งผลให้โครงการเกิดความล่าช้าตามไปด้วย

#### 5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินงานออกแบบตู้คอนโทรลจะมีรายละเอียดของเอกสารในปริมาณมากการดำเนินการออกแบบควรมีบุคลากรคอยช่วยตรวจสอบจุดที่ผิดพลาดของเอกสารก่อนควบคู่ไปกับการทำเอกสารเพื่อที่จะช่วยให้งานเสร็จสิ้นได้ในระยะเวลาอันน้อยที่สุด และงานจะมีคุณภาพอีกด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- บริษัท คอมโพแม็ก จำกัด. 2559. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า (Motor Starting). [Online]. Available : <http://www.kmitl.ac.th/index-t.html>.
- บริษัท ปลื้มบุญ เน็ทเวอร์ค บิส จำกัด. 2559. เบรกเกอร์มอเตอร์ แมกเนติกคอนแทคเตอร์และโอเวอร์โหลดรีเลย์. [Online]. Available : <http://www.pnbmart.com>.
- บริษัท ฟอน อิลคเทรต จำกัด. 2559. โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Over Load Relay) คืออะไร. [Online]. Available : <http://www.fonengineering.com/2015/09/03/over-load-relay>.
- บริษัท เอส.ที.คอนโทรล จำกัด. 2559. อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คืออะไร. [Online]. Available : <http://www.stcontrol.com>.
- บริษัท สยามคอนเน็ค จำกัด. 2559. ตัวต้านทานเบรก คือ. [Online]. Available : [http://siamconnect.co.th/index.php?typepage=article\\_detail&id\\_article=7](http://siamconnect.co.th/index.php?typepage=article_detail&id_article=7).
- รชฎ อินทรและนิศา เทียนชูพงษ์. 2559. Application of Inverter, Converter - UPS, Motor Control. [Online]. Available : <https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/apps>.
- บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด. 2559. Protection Relay คือ. [Online]. Available : <https://www.factomart.com/th/protection-relay>.
- บริษัท ซี เจ คอมไบน์ จำกัด. 2559. SURGE PROTECTION SYSTEM. [Online]. Available : <http://www.cjcombine.com/LPI/SURGE-PROTECTION-SYSTEM.html>.
- บริษัท ชาย แอนด์ เทคโนโลยี เซอร์วิส จำกัด. 2559. เซอร์กิตเบรกเกอร์ CIRCUIT BREAKER. [Online]. Available : <http://www.sci-tech-service.com/article/CB/circuitbreaker.htm>.
- สุรกิจ มโนรัศมี. 2559. ชนิดและการใช้งานของสายไฟฟ้า. [Online]. Available : <http://e-learning.e-tech.ac.th/learninghtml/E2104/unit02.html>.
- บริษัท นิกซ์ เคเบิล จำกัด. 2559. รู้หรือยัง? Code สีสายไฟเปลี่ยนใหม่ อัปเดตตามมอก.11-2553. [Online]. Available : <http://www.nyxcable.com>.

## ประวัติผู้จัดทำ



- ชื่อ-สกุลภาษาไทย วุฒิภัทร อนูราชัน
- ชื่อ-สกุลภาษาอังกฤษ Wutipat Anurachan
- วัน เดือน ปี เกิด 2 ตุลาคม 2537
- ที่อยู่ 136/48 หมู่ 1 ถนนวัดโพธิ์-บางใหญ่ ตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี  
จังหวัดสุราษฎร์ธานี รหัสไปรษณีย์ 84000
- ประวัติการศึกษา พ.ศ.2556 – ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดและควบคุม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2553 – 2555 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา
- ประสบการณ์ พ.ศ.2559 นักศึกษาฝึกงาน โรงแยกก๊าซธรรมชาติขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช  
พ.ศ.2558 เข้าร่วมอบรม Delta Industrial Automation Training Program
- ติดต่อ E-mail: wutipat.anrc@gmail.com  
โทร: 086-464-5786