รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

คำแนะนำด้านความปลอดภัย ประสิทธิภาพการทำงาน และความทันสมัยของอุปกรณ์ไฟฟ้า
Modernization Performance and Safety Walkthrough

นายธรณินทร์ เหล่าชูชัยสกุล

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา	คำแนะนำด้านความปลอดภัย ประสิทธิภาพการทำงาน และความทันสมัยของอุปกรณ์ไฟฟ้า
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	นายธรณินทร์ เหล่าชูชัยสกุล
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	ผศ.ดร.สิริชัย ธรรมารักษ์วัฒนะ
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศ	นางสาวคัชรินทร์ องฮา
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษานี้จัดทำขึ้นโดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการทำรายงานแนะนำด้านความปลอดภัย ประสิทธิภาพการทำงาน และความทันสมัยของอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือชื่อโครงการว่า MPS Walkthrough ซึ่งเป็นโครงการของบริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด โดยมุ่งเน้นไปที่การสำรวจไซต์งาน (Site Survey)เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ฟังก์ชั่นการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า และตรวจเช็คอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อาจจะก่อให้เกิดอันตราย โดยเฉพาะการเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ที่ Obsolescence ไปแล้ว และจัดเก็บข้อมูลที่ได้ลงในฐานข้อมูล (Database) ไว้ นอกจากนี้ยังนำเสนอแนวทางการป้องกันรวมทั้งการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ผ่านรายงาน Installed Base Report ให้กับทางลูกค้า โดยประโยชน์ของโครงการนี้นอกจากจะลดกระบวนการในการทำงานลงแล้ว ยังได้เพิ่มโอกาสในการทำธุรกิจของบริษัทฯ อีกด้วย

คำสำคัญ : MPS Walkthrough, การสำรวจไซต์งาน (Site Survey), Obsolescence, Installed Base Report

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Modernization Performance and Safety Walkthrough
Student intern name: Mr. Torranin Lawchoochaisakul
Department: Instrumentation and Control Engineering
Faculty: Engineering
Advisor name: Asst. Prof. Dr. Sirichai Tammaruckwattana
Mentor Name: Miss Kutsharin Ongha
Company: Schneider (Thailand) Limited

ABSTRACT

This cooperative education project created with content about reporting safety recommendations performance and modernization of electrical equipment. The project name is MPS Walkthrough, which is a project from Schneider (Thailand) Co., Ltd. By focusing on the site survey to store the physical attributes, function of electrical equipment and check electrical equipment that may cause danger, especially collecting electrical information that is already obsolescence. After that, the information will be stored in the database. In addition, present guidelines for prevention and solutions to problems that may occur in the future through Installed Base Report to customers. The benefits of this project will reduce the process of working and increase the opportunity to do business of the company.

Keyword: MPS Walkthrough, Site Survey, Obsolescence, Installed Base Report

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงานสหกิจศึกษาเล่มนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด ที่ได้ให้โอกาสในการทำโครงงานสหกิจศึกษา และได้เรียนรู้ในการทำงานในสถานประกอบการจริง อีกทั้งขอขอบพระคุณ คุณคัชรินทร์ องฮา ซึ่งเป็นผู้นิเทศงานที่คอยให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทำโครงงาน ขอขอบพระคุณพนักงานทุกท่านในแผนก Install Base Service ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและดูแล จนทำให้โครงงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สิริชัย ธรรมารักษ์วัฒนะ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำสหกิจศึกษา ตลอดจนแนะนำแนวทางในการทำโครงงานจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้จัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ขอขอบพระคุณทุกท่านที่เอื้อเฟื้อและให้ความช่วยเหลืออนุเคราะห์จนรายงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ และประโยชน์อันพึงมีจากรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธรณินทร์ เหล่าชูชัยสกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 วิธีการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5.1 ประโยชน์ต่อตนเอง 2

1.5.2 ประโยชน์ต่อสถานประกอบการ 3

1.5.3 ประโยชน์ต่อสถานศึกษา 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ตู้สวิตช์บอร์ดแรงดันต่ำ (Low Voltage Switchboard) 4

2.1.1 โครงสร้างตู้สวิตช์บอร์ดรวมถึงส่วนจับยึดอุปกรณ์ (Enclosure) 5

2.1.1.1 เหล็กแผ่นรีดเย็น (Cold roll steel sheet) 5

2.1.1.2 เหล็กแผ่นอิเล็กโตรกัลวาไนซ์ (Electro Galvanized steel sheet) 5

2.1.1.3 สเตนเลส (Stainless steel) 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.2 ตัวนำกระแสไฟฟ้า (Conductor) 5

2.1.2.1 บัสบาร์ (Busbar) 6

2.1.2.2 สายไฟฟ้า 6

2.1.3 อุปกรณ์เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าสำหรับตู้สวิตช์บอร์ด (Metering) 8

2.1.4 อุปกรณ์ป้องกันและควบคุมวงจรไฟฟ้า (Protective Circuit Device) 9

2.1.4.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) 9

2.1.4.2 รายละเอียดพื้นฐานต่าง ๆ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ 11

2.1.4.3 หลักการทำงานของเบรกเกอร์ 12

2.2 สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลาง (Medium Voltage Switchgear) 13

2.3 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) 16

2.3.1 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบน้ำมัน (Oil-Type Transformer) 17

2.3.2 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง (Dry-Type Transformer) 17

2.4 เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (UPS) 18

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 19

3.1 แนวคิดของโครงงาน 19

3.2 ศึกษาการอ่าน Installed Base description, Single Line Diagram 19

3.3 การออกสำรวจไซต์งาน (Site Survey) 22

3.4 การจัดทำข้อมูลรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า (List of Equipment) 22

3.5 การจัดทำรายงาน Installed Base Report 24

3.5.1 รายงานส่วน Diagnosis Report 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.2 รายงานส่วน Executive summary 25

3.5.3 รายงานส่วน Summary of Defect equipment and its status 26

3.5.4 รายงานส่วน Overview of your install base 27

3.5.5 รายงานส่วน Asset Commercial and Obsolescence 28

3.5.6 จัดทำ List of Obsolescence Equipment 28

3.5.7 ทำรายการ Details Electrical Room 29

3.6 การจัดเก็บข้อมูลของแต่ละไซต์ลงในฐานข้อมูลของบริษัท 31

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 36

4.1 ผลการจัดทำเอกสารข้อมูลรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า (List of Equipment) 36

4.2 ผลการจัดทำรายงาน Installed base report 36

4.3 ผลการจัดเก็บข้อมูลไซต์งานลงในฐานข้อมูลของทางบริษัท 38

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 39

5.1 สรุปผล 39

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ 39

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะ 39

เอกสารอ้างอิง 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ตู้ไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Switchboard) 4

2.2 บัสบาร์แบบเปลือยและบัสบาร์แบบพ่นสี 6

2.3 สายไฟชนิด VAF 7

2.4 สายไฟชนิด THW 7

2.5 สายไฟชนิด NYY 7

2.6 สายไฟชนิด VCT 8

2.7 โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) 8

2.8 แอมป์มิเตอร์ (Ammeter) 8

2.9 ACB แบบ Fixed Type 10

2.10 ACB แบบ Draw-out Type 10

2.11 เบรกเกอร์แบบ MCCB 10

2.12 เบรกเกอร์แบบ MCB 11

2.13 Disconnecting Switch (DS) 13

2.14 Load Break Switch (LBS) 14

2.15 โครงสร้างภายใน chamber ของ VCB 14

2.16 Gas Circuit Breaker (GCB) brand Schneider Electric 15

2.17 วงจรของ Protection Relay 16

2.18 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบน้ำมัน (Oil-Type Transformer) 17

2.19 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง (Dry-Type Transformer) 17

2.20 เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (UPS) 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.1 ตัวอย่างแผนภาพ Single line Diagram 20

3.2 ตัวอย่าง Installed Base description 21

3.3 ตัวอย่าง Installed Base description 21

3.4 การสำรวจไซต์ (Site Survey) 22

3.5 รายละเอียดของ List of Equipment 23

3.6 รายงานในส่วน Diagnosis Report 25

3.7 รายงานในส่วน Executive summary 25

3.8 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน Summary of Defect equipment and its status 26

3.9 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน Summary of Defect equipment and its status 27

3.10 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน Overview of your install base 27

3.11 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน Asset Commercial and Obsolescence 28

3.12 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน List of Obsolescence Equipment 29

3.13 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน Details Electrical Room 30

3.14 รายงานในส่วนที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้งาน 30

3.15 Interface ของโปรแกรม IBSuite 3.13 31

3.16 ภาพหลังจากพิมพ์ข้อมูลพื้นฐานของ plant แล้ว 32

3.17 ภาพตัวอย่างการเพิ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า 32

3.18 ตัวอย่างการจัดเก็บข้อมูล 33

3.19 หน้าต่างเพื่อกรอกข้อมูลสเปคของหม้อแปลงไฟฟ้า 34

3.20 หน้าต่างเพื่อกรอกข้อมูลสเปคของเซอร์กิตเบรกเกอร์ 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.21 ตัวอย่างผลสรุปข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าใน plant..... 35

3.22 ตัวอย่างผลสรุปข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าใน plant (ต่อ)..... 35

4.1 บางส่วนของเอกสารข้อมูล List of Equipment..... 36

4.2 บางส่วนของเอกสาร Installed base report ส่วนรายงานสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า 37

4.3 บางส่วนของเอกสาร Installed base report ส่วนรายงานสภาพแวดล้อมในห้องไฟฟ้า..... 37

4.4 บางส่วนของเอกสาร Installed base report ส่วนเสนอรายการสินค้าทดแทนให้ลูกค้า 38

4.5 การเก็บข้อมูลไซต์งานลงในโปรแกรม IBSuite บางส่วน..... 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด เป็นบริษัทฯ ที่ผลิตและจัดจำหน่ายรวมถึงบริการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าหลากหลายชนิด เช่น Circuit Breaker, Relay, Switchgear แบบต่าง ๆ ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมรวมทั้งที่พักอาศัย นอกจากนี้ทางบริษัทฯ ยังมีบริการหลังการขายต่าง ๆ มากมาย เช่น การทำ Preventive Maintenance (PM), การเปลี่ยนอุปกรณ์เก่าที่ล้าสมัย (Obsolescence) ไปแล้ว ซึ่งทางบริษัทมีลูกค้าที่ต้องการใช้บริการหรือซื้อสินค้าเป็นจำนวนมากโดยก่อนหน้านี้ทางบริษัทใช้วิธีการคือ เมื่อมีลูกค้าที่ต้องการเปลี่ยนสินค้าหรือต้องการจัดเก็บอะไหล่สำรอง (Spare part) เซลล์จะมีหน้าที่ไปสำรวจไซต์งาน (Site Survey) ทีละแห่ง เพื่อดูรายละเอียดและฟังก์ชั่นการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการเปลี่ยนทดแทนแล้วจึงทำรายงานเสนอสินค้าและราคาไปให้กับลูกค้า ทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการทำงานต่าง ๆ และยังสูญเสียเงิน และเวลาเป็นอย่างมาก

จากปัญหาข้างต้นทำให้ทางบริษัทฯ ได้คิดโครงการ Modernization, Performance, Safety Walkthrough (MPS Walkthrough) ขึ้นมาโดยมุ่งเน้นไปที่การสำรวจไซต์งานเพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลทั้งลักษณะทางกายภาพ ฟังก์ชั่นการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในไซต์งาน อีกทั้งยังได้ทำการตรวจเช็คอุปกรณ์ที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายหรือเกิดความเสียหายต่อระบบไฟฟ้าโดยรวม โดยเฉพาะการเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ที่ Obsolescence ไปแล้ว และจัดเก็บข้อมูลที่ได้ลงในฐานข้อมูล (Database) ไว้ หากในอนาคตลูกค้ารายเดิมต้องการซื้อสินค้าหรือใช้บริการต่าง ๆ ของทางบริษัทฯ ก็สามารถนำข้อมูลในฐานข้อมูลไปใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการสำรวจไซต์งานใหม่ นอกจากนี้ยังนำเสนอแนวทางการป้องกันรวมทั้งการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ผ่านรายงาน Installed Base Report ที่จะช่วยให้ลูกค้าได้เห็นถึงความเสี่ยงต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นมาจากการขาดการบำรุงรักษาที่ดี เป็นอุปกรณ์ที่ Obsolescence ไปแล้ว หรือขาดการจัดเก็บชิ้นส่วนอะไหล่สำรองกรณีฉุกเฉินไว้ กล่าวคือโครงการนี้นอกจากจะลดกระบวนการในการทำงานลงและทำให้ลูกค้าเห็นถึงช่องโหว่ที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อภาพรวมแล้ว ยังได้เพิ่มโอกาสในการทำธุรกิจของบริษัทฯ อีกด้วย เนื่องจากลูกค้าจะเห็นภาพรวมของอุปกรณ์ทั้งหมด และอุปกรณ์ที่ควรเปลี่ยนหรือซ่อมแซม ทำให้ง่ายต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการต่าง ๆ มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของบริษัทฯ ต่าง ๆ ที่รับบริการ MPS Walkthrough เพื่อจัดทำฐานข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ทั้งนำเสนอสินค้าและเทคโนโลยีใหม่ ๆ หรือการให้บริการหลังการขายของบริษัทฯ เป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. จัดทำเอกสารข้อมูลรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า (List of Equipment) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อนำไปทำรายงาน Installed base report ต่อไป

2. จัดทำรายงาน Installed base report โดยการใช้ข้อมูลจากรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า (List of Equipment) โดยมีการนำเสนอสินค้าและบริการของทางบริษัทฯ และแจ้งเตือนปัญหาด้านความปลอดภัยของไซต์งาน

3. จัดเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ลงในฐานข้อมูลของทางบริษัทฯ โดยใช้โปรแกรม IBSuite

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. เรียนรู้ลักษณะการทำงานจากผู้นิเทศงาน

2. จัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไซต์

3. ศึกษาฟังก์ชั่นการทำงานแบบต่าง ๆ ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิด

4. จัดทำรายงานเสนอให้ลูกค้า

5. จัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูลของทางบริษัทฯ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ประโยชน์ต่อตนเอง

การได้เข้าร่วมทำสหกิจศึกษากับบริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด ได้เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์จากการทำงานจริง ๆ ในสถานประกอบการ ได้ฝึกรับมือกับความกดดันจากการทำงาน และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาที่ได้ทำสหกิจ อีกทั้งยังได้รับความรู้และประสบการณ์ใหม่ นอกเหนือจากห้องเรียนมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 ประโยชน์ต่อสถานประกอบการ

การที่ทางบริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด ได้เข้าร่วมโครงการสหกิจทำให้บริษัทฯ ได้นักศึกษาที่เข้ามาช่วยแบ่งเบาภาระงานต่าง ๆ ภายในบริษัทฯ และสามารถนำงานที่มอบหมายให้นักศึกษาทำไปพัฒนาต่อให้ดีขึ้นในอนาคตได้

1.5.3 ประโยชน์ต่อสถานศึกษา

โครงการสหกิจศึกษาเป็นการร่วมมือกันระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการ ทำให้ทางสถาบันได้รับความน่าเชื่อถือในการผลิตบุคลากรที่สามารถทำงานได้จริงในสภาพการณ์ต่าง ๆ รวมถึงได้รับข้อติชม หรือข้อเสนอแนะจากทางบริษัทฯ เกี่ยวกับโครงการสหกิจศึกษารวมทั้งด้านคุณภาพของนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญ ซึ่งพบได้มากในโรงงานอุตสาหกรรม โดยจะบอกหน้าที่และลักษณะการใช้งานรวมถึงคำเฉพาะต่าง ๆ ที่อยู่บนอุปกรณ์ชนิดนั้น เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลและทำรายงานมากยิ่งขึ้น

2.1 ตู้สวิตช์บอร์ดแรงดันต่ำ (Low Voltage Switchboard)

ตู้สวิตช์บอร์ดแรงดันต่ำเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีหน้าที่ในการป้องกันความเสียหายกับระบบไฟฟ้าและควบคุมการรับไฟฟ้าจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อจ่ายไปให้กับโหลด (Load) ที่มีการใช้กระแสไฟฟ้า โดยจะมีเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) คอยทำหน้าที่เป็นตัวตัดต่อวงจรไฟฟ้าภายในเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยจะมีระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1000V ซึ่งส่วนมากพบในอาคารที่มีขนาดกลางขึ้นไป รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมาก

ภาพที่ 2.1 ตู้ไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Switchboard)

ตู้สวิตช์บอร์ดแรงดันต่ำมีองค์ประกอบต่าง ๆ มากมายโดยอุปกรณ์แต่ละชนิดนั้นส่วนใหญ่มีเพื่อรักษาความปลอดภัยของทั้งผู้ใช้งาน และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการใช้ไฟฟ้าไม่ให้เกิดความเสียหายต่อวงจรไฟฟ้าได้ โดยส่วนประกอบที่สำคัญประกอบด้วย โครงสร้างภายนอกของตู้ (Enclosure) อุปกรณ์เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (Metering) ส่วนที่ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้า (Conductor) และ อุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันวงจรไฟฟ้า (Protective Circuit Device)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 โครงสร้างตู้สวิตช์บอร์ดรวมถึงส่วนจับยึดอุปกรณ์ (Enclosure)

วัสดุที่ใช้ทำตู้สวิตช์บอร์ดนั้นจะต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญคือต้องคงทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ สามารถรับแรงทางกลจากภายนอกทั้งภาวะปกติและไม่ปกติได้ รวมทั้งต้องคงทนต่อความร้อนจากสภาพแวดล้อมและความร้อนที่อาจจะเกิดจากความผิดปกติของวงจรหรือเมื่อเกิดอาร์กจากการลัดวงจร และต้องทนต่อการกัดกร่อนจากความชื้น และสารเคมีต่าง ๆ ได้ ทำให้ในการเลือกวัสดุที่นำมาใช้ผลิตนั้นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุให้มีความเหมาะสม วัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตตู้สวิตช์บอร์ดนั้นมี 3 ประเภทดังนี้

2.1.1.1 เหล็กแผ่นรีดเย็น (Cold roll steel sheet)

ผลิตโดยกระบวนการรีดเย็น ใช้เหล็กแผ่นรีดร้อนเป็นวัตถุดิบ แล้วนำมารีดลดความหนาที่อุณหภูมิปกติ มีผิวสวย มันวาว ส่วนใหญ่ใช้ในงานที่ต้องการคุณภาพผิวสูงกว่าปกติ และต้องการความหนาน้อยกว่าเหล็กแผ่นรีดร้อน เช่น งานด้านยานยนต์ ตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า โดยวิธีการรีดเย็นนี้จะได้เหล็กแผ่นผิวมัน แต่ยังเหลือความเครียดในเนื้อเหล็กอยู่ทำให้มีความแข็งสูง ความสามารถในการยืดต่ำ และยังมีความไม่สม่ำเสมอของคุณสมบัติเชิงกลในทิศทางต่าง ๆ จึงยังไม่เหมาะกับการนำมาใช้งานทันที ต้องเข้าสู่กระบวนการอบอ่อน (Annealing) เพื่อลดความเครียดในเนื้อเหล็กลง เพื่อปรับปรุงความเรียบของผิว และขจัดการยืดตัว ณ จุดคราก ทำให้สามารถนำไปใช้ได้ดีมากขึ้น

2.1.1.2 เหล็กแผ่นอิเล็กโตรกัลวาไนซ์ (Electro Galvanized steel sheet)

ผลิตโดยกระบวนการนำเหล็กมาชุบสารฮอตดิบกัลป์วาไนซ์ (Hot-dipped Galvanized) หรือการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน แต่ทั่วไปมักเรียกว่าชุบกัลวาไนซ์ มีความหนาประมาณ 65-300 ไมครอน วิธีนี้มักใช้กับงานที่ต้องการปกป้องจากการเกิดสนิมในตู้ติดตั้งกลางแจ้ง (Outdoor)

2.1.1.3 สเตนเลส (Stainless steel)

สเตนเลสเป็นโลหะที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนสูง สเตนเลสเป็นเหล็กที่เติมโครเมียมลงไปมากกว่า 10.5% ทำให้เกิดการสร้างชั้นฟิล์มโครเมียมออกไซด์ (Chromium Oxide film) เกาะติดอยู่ที่ผิวหน้าของสเตนเลสทำให้เหล็กที่ความทนทานต่อการกัดกร่อนสูงมาก

2.1.2 ตัวนำกระแสไฟฟ้า (Conductor)

เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการนำกระแสไฟฟ้าผ่านไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ วัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าคือทองแดง เนื่องจากสามารถนำไฟฟ้าได้ดีและราคาไม่แพง โดยตัวนำไฟฟ้ามีหลายชนิด เช่น บัสบาร์ (Bus bar) หรือสายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 บัสบาร์ (Busbar)

บัสบาร์ หมายถึงจุดต่อรวมที่มีวงจรไฟฟ้าหลายวงจรต่อเข้าด้วยกัน ปกติแล้วจะมีวงจรไฟฟ้าขาเข้า (Incomer) ไม่มากนัก แต่จะมีวงจรจ่ายไฟออก (Feeder) เป็นจำนวนมาก ซึ่งบัสบาร์จะทำขึ้นมาจากวัสดุที่สามารถนำไฟฟ้าได้ดี ซึ่งมีทั้งที่ทำมาจากทองแดง และอลูมิเนียม ภาพร่างของบัสบาร์ที่นิยมใช้กันทั่วไปเป็นแบบ Flat คือมีพื้นที่หน้าตัดเป็นภาพสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยบัสบาร์มีหลายประเภท เช่น บัสบาร์แบบเปลือย (Bare Busbar) คือบัสบาร์ที่ไม่มีการพ่นสีบนผิวของตัวนำ ซึ่งบัสบาร์แบบเปลือยนี้จะสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ปริมาณน้อยกว่าบัสบาร์แบบพ่นสี และ บัสบาร์แบบพ่นสี (Paint Busbar) คือบัสบาร์ที่มีการพ่นเคลือบสีที่บริเวณผิวของบัสบาร์ ซึ่งสีที่เคลือบมีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนได้ดี และมีการนำกระแสไฟฟ้าได้ดีกว่าบัสบาร์แบบเปลือย

ภาพที่ 2.2 บัสบาร์แบบเปลือยและบัสบาร์แบบพ่นสี

2.1.2.2 สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้า คือตัวนำกระแสไฟฟ้าที่ทำจากทองแดง หรืออลูมิเนียม ใช้กับตู้สวิตช์บอร์ดที่พิกัดแรงดันไม่เกิน 750V โดยลักษณะเป็นสายทองแดงหรืออลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวน วัสดุที่นำมาทำเป็นฉนวนที่ใช้กับสายแรงดันต่ำคือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross-Linked Polyethylene (XLPE)

1. สายไฟชนิด VAF

เป็นสายไฟที่นิยมใช้กันมากตามบ้านในประเทศไทย เป็นสายชนิดทนแรงดัน 300 V ลักษณะเป็นสายแบนคู่ ตัวนำนอกจากจะมีฉนวนหุ้มแล้วยังมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง สายชนิดนี้จะนิยมรัดด้วยเข็มขัดรัดสาย (Clip) สายชนิดนี้ห้ามใช้ในวงจร 3 phase ที่มีแรงดัน 380 V (ในระบบ 3 phase แต่แยกไปใช้งานเป็นแบบ 1 phase แรงดัน 220 V. จะใช้ได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.3 สายไฟชนิด VAF

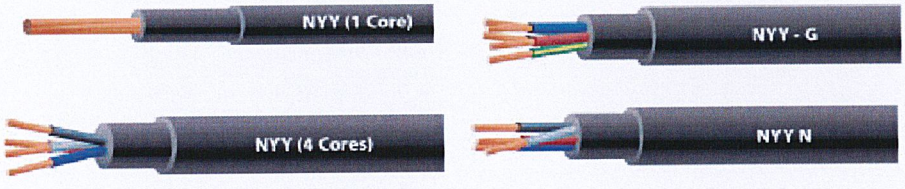
2. สายไฟชนิด THW

สายไฟชนิดนี้มีลักษณะเป็นสายเดี่ยว ทนแรงดันไฟฟ้าได้สูงนิยมใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากใช้ในวงจรไฟฟ้าสามเฟสปกติ แกนของสายประเภทนี้มีตัวนำทองแดงร้อยรวมกันเป็นสายใหญ่หนึ่งแกน

ภาพที่ 2.4 สายไฟชนิด THW

3. สายไฟชนิด NYY

มีทั้งประเภทแกนเดียวและหลายแกน สายไฟหลายแกนก็จะมีลักษณะเป็นสายกลมเช่นกัน สายไฟชนิดนี้ทนแรงดันได้ถึง 750V นิยมใช้อย่างกว้างขวางเนื่องจากมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมในสภาวะต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีอันเนื่องมาจากการที่สายไฟมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง สายไฟชนิด NYY หลายแกนจะมีชนิด 2แกนและ 4แกน สายประเภทนี้จะมีเปลือกสองชั้น สายไฟแบบ NYY ชนิด 4 แกนมีสายนิวทรัลรวมอยู่ด้วยเรียกว่าเป็นสายไฟชนิด NYY-N คือมีสายไฟอยู่ 3 เส้นและมีสายนิวทรัลอีกหนึ่งเส้นจึงเหมาะที่จะใช้ในวงจร 3 เฟส 4 สาย อีกประเภทหนึ่งคือสายไฟชนิด NYY-G คือเป็นสายชนิด 2 แกน 3 แกนและ 4 แกนที่มีสายดิน (Ground) รวมอยู่ด้วยอีกหนึ่งเส้นจึงเหมาะที่จะใช้ต่อเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน



ภาพที่ 2.5 สายไฟชนิด NYY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

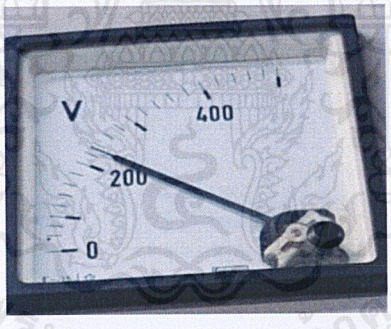
4. สายไฟชนิด VCT

เป็นสายกลมมีทั้ง 1 แกน 2 แกน 3 แกนและ 4 แกน สามารถทนแรงดันได้ 750V มีฉนวนและเปลือกเช่นเดียวกับสายไฟชนิด NYY มีแต่แตกต่างกันที่ตัวสายไฟจะประกอบด้วยทองแดงฝอยเส้นเล็ก ๆ ร้อยรวมกันเป็นหนึ่งแกน ทำให้มีข้อดีคืออ่อนตัวและทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้ดี

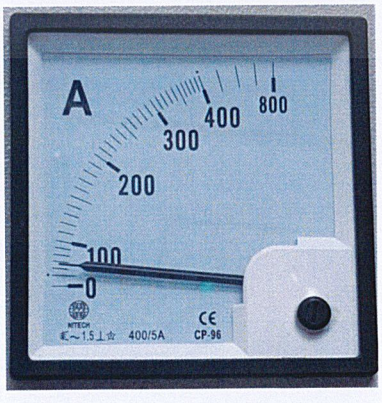
ภาพที่ 2.6 สายไฟชนิด VCT

2.1.3 อุปกรณ์เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าสำหรับตู้สวิตช์บอร์ด (Metering)

เครื่องมือวัดพื้นฐานที่ใช้กับตู้สวิตช์บอร์ดคือ โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) และแอมป์มิเตอร์ (Ammeter) เพื่อใช้วัดแรงดันหรือกระแสในแต่ละเฟส พิกัดแรงดันของโวลต์มิเตอร์คือ 0-500V ส่วนพิกัดกระแสของแอมป์มิเตอร์จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ Current Transformer เช่น 100/5 แอมป์ เป็นต้น แต่ในบางตู้อาจจะมี P.F. Meter, Watt Meter เพิ่มเติมขึ้นอยู่กับการออกแบบตู้



ภาพที่ 2.7 โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter)



ภาพที่ 2.8 แอมป์มิเตอร์ (Ammeter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 อุปกรณ์ป้องกันและควบคุมวงจรไฟฟ้า (Protective Circuit Device)

อุปกรณ์ป้องกันและควบคุมวงจรไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในตู้สวิตช์บอร์ด โดยทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟ หรือควบคุมการเปิดปิดวงจรได้ทั้งในสภาวะปกติ และเมื่อเกิดความผิดปกติของระบบไฟฟ้า เช่น การใช้โหลดเกิน (Overload) และการลัดวงจรไฟฟ้า (Short circuit) ตัวอย่างของอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมวงจรไฟฟ้าที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

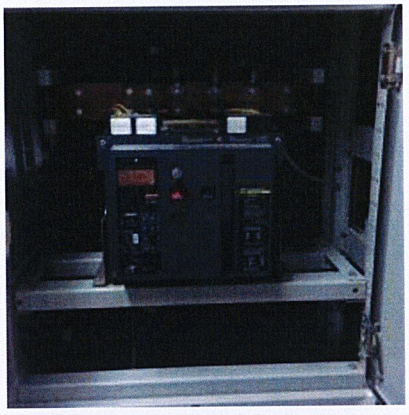
2.1.4.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ในระบบไฟฟ้า โดยสามารถควบคุมการเปิด-ปิดวงจรได้ในสภาวะต่าง ๆ ทั้งสภาวะปกติ และสามารถตัดวงจรโดยอัตโนมัติเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นในระบบไฟฟ้า เช่น การใช้โหลดเกิน (Overload) หรือไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit) ซึ่งเป็นความผิดพลาดของระบบไฟฟ้าที่มีความอันตรายเป็นอย่างมาก ทั้งต่อผู้ใช้งานและระบบไฟฟ้าโดยรวม ทำให้อาจเกิดความเสียหายต่อระบบไฟฟ้าได้ โดยหากทำการตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าในสภาวะปกติโดยผู้ใช้งานเอง (Manual) นั้นต้องโยกคันโยกให้ขึ้นสุดหรือลงสุด ต่างจากการตัดวงจรโดยอัตโนมัติโดยตัวคันโยกจะมาอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางเรียกว่าตำแหน่งทริป (Trip) ซึ่งเซอร์กิตเบรกเกอร์สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

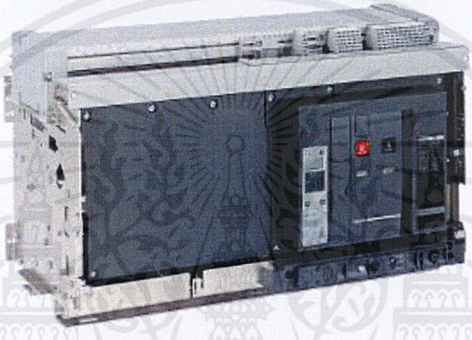
1. Air Circuit Breaker (ACB)

เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดใหญ่มีพิกัดกระแสตั้งแต่ 800-6300 A มีกลไกอยู่ภายใน ติดตั้งอย่างเปิดโล่ง (Open Frame) สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน โดย ACB สามารถแบ่งตามลักษณะการติดตั้งได้เป็นแบบติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Type ACB) และแบบถอดออกได้ (Draw-out Type ACB) โดย ACB แบบติดตั้งอยู่กับที่นั้นจะให้ตัว ACB ยึดติดกับบัสบาร์(Busbar) ด้วยสกรูอย่างแข็งแรง แต่มีข้อเสียคือหากเกิดการ Fault ขึ้นกับ ACB ระยะเวลาในการถอด ACB ออกมาเพื่อซ่อมแซมหรือบำรุงรักษานั้นต้องเสียเวลาในการดับไฟฟ้า (Shutdown) เป็นเวลานาน อีกแบบหนึ่งคือแบบถอดออกได้ โดยตัว ACB นั้นติดตั้งบนโครงล้อเลื่อนที่สามารถเลื่อนไปตามรางที่เตรียมไว้ ทำให้การซ่อมบำรุง ACB แบบนี้ทำได้อย่างสะดวกรวดเร็วและลดเวลาในการดับไฟฟ้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 ACB แบบ Fixed Type



ภาพที่ 2.10 ACB แบบ Draw-out Type

2. Molded Case Circuit Breaker (MCCB)

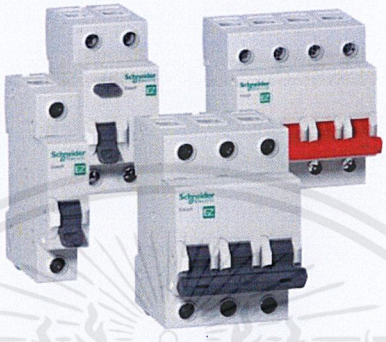
MCCB เป็นเบรกเกอร์ที่จะถูกหุ้มด้วยวัสดุฉนวนที่ทำจากพลาสติกแข็ง โดยวัสดุชนิดนี้จะทำหน้าที่ในการป้องกันการเกิดอาร์ก ความร้อน และแก๊สได้เป็นอย่างดี โดยมีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่กั้นอยู่ภายในระหว่างขั้วไฟฟ้า และเสริมความแข็งแรงทางกล MCCB นั้นมีหลากหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กไปถึงขนาดใหญ่ โดยสามารถทนแรงดัน และทนต่อการลัดวงจรที่รุนแรงได้โดยจะมีขนาดเล็กกว่า ACB และมีลักษณะปิดมิดชิดมากกว่า ACB

ภาพที่ 2.11 เบรกเกอร์แบบ MCCB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Miniature Circuit Breaker (MCB)

MCB เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีลักษณะคล้ายกับ MCCB แต่มีขนาดเล็กกว่ามาก ใช้กับกระแสไฟฟ้าต่ำ ๆ โดยทั่วไปจะใช้ประมาณ 5-20 A ใช้ติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย (Load center) หรือแผงจ่ายไฟฟ้าตามอาคารบ้านพัก (Consumer Unit) เบรกเกอร์ชนิดนี้ไม่สามารถปรับตั้งค่ากระแสลัดวงจรได้ มีทั้งแบบ 1 pole, 2 pole, 3 pole และ 4 pole



ภาพที่ 2.12 เบรกเกอร์แบบ MCB

2.1.4.2 รายละเอียดพื้นฐานต่าง ๆ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

1. Ampere Trip (AT)

เป็นค่าพิกัดกระแสที่บอกให้ทราบว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์แต่ละตัวสามารถทนกระแสใช้งานในสภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใดมักแสดงไว้บริเวณด้านหน้าของเบรกเกอร์ เช่น 225A, 600A เป็นต้น ถ้าหากมีกระแสไฟฟ้าที่มีค่ามากกว่า AT ไหลผ่าน ทั้งจากไฟกระชาก (Surge) หรือการต่อโหลดเกิน (Overload) จะทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ trip โดยอัตโนมัติ

2. Ampere Frame (AF)

เป็นค่าที่บอกพิกัดกระแสที่ตัวโครงสร้างภายนอกของเซอร์กิตเบรกเกอร์รุ่นนั้น ๆ สามารถทนได้และไม่เกิดความเสียหายกับโครงสร้าง โดยมีประโยชน์คือสามารถเปลี่ยนพิกัด AT โดยที่ขนาดของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิมได้ (ในแต่ละรุ่นจะมี AF เหมือนกัน แต่มีหลาย AT) โดยปกติจะทำการเลือกโดยให้ค่า AF เยอะกว่า AT เพื่อให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่เกิดความเสียหาย ขณะใช้งานในสภาวะปกติ

3. Interrupting Capacity (IC)

เป็นค่าที่บอกความสามารถในการตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้อย่างปลอดภัย โดยไม่ทำให้ตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นเสียหายหรือไหม้ลุกลาม โดยทั่วไปแล้ว IC จะมีหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น kA หรือ กิโลแอมแปร์ ค่าพิกัดของการตัดกระแสลัดวงจรนี้จะขึ้นอยู่กับมาตรฐานอ้างอิงและแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีพิกัด IC = 10 kA ที่แรงดันทดสอบ 120 V หากนำไปทดสอบที่แรงดัน 240 V อาจมีพิกัด IC เหลือเพียง 5 kA เป็นต้น

4. จำนวน Pole ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

จำนวน Pole ของเซอร์กิตเบรกเกอร์แต่ละตัวจะเป็นตัวบอกว่าเบรกเกอร์นั้น ๆ เป็นชนิดใช้กับ ไฟฟ้า 1 Phase หรือ 3 Phase โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะมีจำนวน Pole ตั้งแต่ 1 pole, 2 pole, 3 pole และ 4 pole โดย 1 pole และ 2 pole จะเป็นเบรกเกอร์แบบไฟฟ้า 1 phase โดยจะแตกต่างกันที่เบรกเกอร์แบบ 1 pole จะป้องกันแค่สาย line เท่านั้น แต่เบรกเกอร์ 2 pole จะป้องกันทั้งสาย line และ neutral เบรกเกอร์แบบนี้จะใช้ในที่พักอาศัยเป็นส่วนใหญ่ ส่วนเบรกเกอร์แบบ 3 pole และ 4 pole นั้นจะใช้กับระบบไฟฟ้า 3 phase โดยเบรกเกอร์แบบ 3 pole นั้นจะป้องกันเฉพาะสาย line เท่านั้น (L1, L2, L3) ส่วนเบรกเกอร์แบบ 4 pole จะป้องกันทั้งสาย line และสาย neutral ด้วยเหมาะกับระบบไฟฟ้าที่ต้องการความปลอดภัยสูง เนื่องจากหากเกิดความผิดปกติของระบบไฟฟ้าเบรกเกอร์สามารถป้องกันได้ทั้ง 4 เส้น โดย 3 phase เบรกเกอร์นั้นจะใช้ในอาคารพาณิชย์และโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก

2.1.4.3 หลักการทำงานของเบรกเกอร์

การทำงานพื้นฐานของเซอร์กิตเบรกเกอร์คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในวงจรเกินกว่าค่า AT ของเซอร์กิตเบรกเกอร์แต่ละตัวที่ได้ระบุไว้ หรือหากมีกระแสไฟฟ้าลัดวงจรผ่านตัวเบรกเกอร์ จะทำให้หน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำการเปิดวงจรด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

1. Thermal Trip

หลักการทำงานประเภทนี้จะมีโครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะไบเมทัล (bimetal) 2 แผ่น ซึ่งทำจากโลหะที่ต่างชนิดกันมีค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนไม่เท่ากัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าที่มีค่ากระแสมากกว่าที่เบรกเกอร์สามารถรับได้จากการใช้โหลดเกิน (Overload) ไหลผ่านโลหะไบเมทัลจะทำให้โลหะไบเมทัลเกิดการโก่งตัวแล้วไปปลดอุปกรณ์ทางกลทำให้เบรกเกอร์ตัดวงจรเรียกว่าเกิดการทริป (trip) ซึ่งต้องใช้เวลาพอสมควรขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน และความร้อนที่เกิดขึ้น

2. Magnetic Trip

การทำงานประเภทนี้จะอาศัยหลักการทำงานของอำนาจสนามแม่เหล็ก เมื่อวงจรเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรหรือมีกระแสไฟฟ้าค่าสูง ๆ ประมาณ 8-10 เท่าขึ้นไปไหลผ่านจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มข้นสูง ทำการปลดอุปกรณ์ทางกลไก ทำให้เบรกเกอร์เกิดการตัดวงจรหรือเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขึ้น ซึ่งการทำงานแบบนี้จะตัดวงจรได้เร็วกว่าแบบ Thermal Trip มากทำให้โอกาสที่อุปกรณ์จะชำรุดมีน้อยกว่ามาก

3. Solid State Trip หรือ Electronic Trip

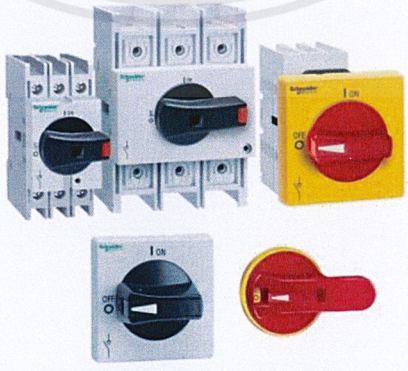
การทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ลักษณะนี้เป็นการ Trip จากการสั่งของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในที่ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์ค่ากระแสไฟฟ้า เช่น CT (Measuring Current Transformer) โดย CT มีหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าให้ต่ำลงตามอัตราส่วนของ CT และมีไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) คอยวิเคราะห์ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์ หากมีค่าเกินกว่าที่กำหนดจะสั่งให้ตัวเบรกเกอร์ทำการปลดวงจรโดยอัตโนมัติ

2.2 สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลาง (Medium Voltage Switchgear)

สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางเป็นอุปกรณ์เปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแรงดันปานกลางที่มีค่าพิกัดแรงดันมากกว่า 1kV แต่น้อยกว่า 35kV ลักษณะสวิตช์หรือเบรกเกอร์ที่ใช้ในการ เปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าจะมีแบบหลายแบบ และนอกจากนี้ยังมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าหลายตัวร่วมกันเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานสูงสุด เช่น

1. Disconnecting Switch (DS)

ตัว DS นั้นทำหน้าที่เป็นสะพานไฟฟ้าสำหรับเปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านขณะเปิดและปิดวงจรจะมีค่าสูงมาก ดังนั้นการใช้งานที่ถูกต้องของ DS คือจะต้องเปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้า ขณะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเท่านั้น DS ไม่มีอาร์คกิ้งคอนแทค (Arcing Contact) หากมีกระแสค่าสูงๆ ไหลผ่านขณะเปิด-ปิดวงจรที่เมนคอนแทค (Main Contact) แล้วเกิด Arc ขึ้นจะทำให้เกิดผลเสียต่อหน้าสัมผัสทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

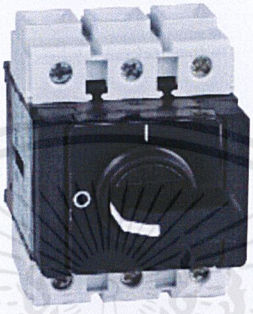


ภาพที่ 2.13 Disconnecting Switch (DS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Load Break Switch (LBS)

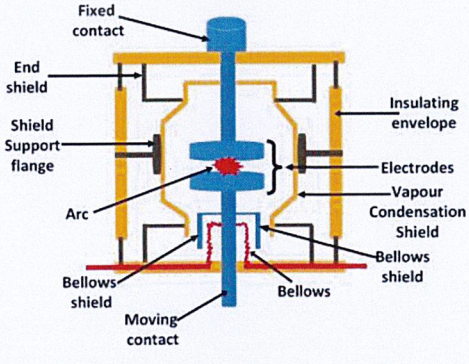
เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับตัดวงจรไฟฟ้าขณะมีกระแสไหลผ่านโหลดได้ ลักษณะโดยทั่วไปจะเป็นการพัฒนาเพิ่มเติมจาก Disconnecting Switch คือการเพิ่มอาร์คกิ้งคอนแทค (Arcing Contact) เพื่อให้กระแสอาร์กที่เกิดขณะเปิด และปิดวงจรไหลผ่าน เพิ่ม Arc-Chute เพื่อเป็นส่วนในการดับกระแส Arc ไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของความร้อนได้ และมีการเพิ่มสปริงเพื่อทำให้การตัดวงจรทำได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น



ภาพที่ 2.14 Load Break Switch (LBS)

3. Vacuum Circuit Breaker (VCB)

ใน VCB นั้นจะมีความแตกต่างจากเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอื่น ๆ คือส่วนที่เป็น contact ประกอบด้วย contact สองชิ้นบรรจุอยู่ภายในส่วนที่ปิดมิดชิดไม่ให้อากาศเข้าไปภายในได้เรียกส่วนที่ปิดมิดชิดนั้นว่า chamber โดยภายใน chamber นั้นจะมีสภาพเกือบเป็นสูญญากาศ (Vacuum) ทำให้เกิดอาร์คได้ยาก และสามารถดับอาร์คได้อย่างรวดเร็ว โดยในตำแหน่ง close ส่วนของ contact จะเคลื่อนที่มาชนอัดกันที่หน้าสัมผัส โดยปัญหาหลัก ๆ ของ VCB คือการที่หน้า contact ทั้ง 2 ด้านละลายติดกันหรือที่เรียกว่า Contact welding อันเนื่องมาจากการเกิดอาร์คขึ้นขณะเปิดหรือปิดวงจร แต่ VCB มีข้อดีคือสามารถดับอาร์คได้ดีและรวดเร็วมาก



ภาพที่ 2.15 โครงสร้างภายใน chamber ของ VCB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Gas Circuit Breaker (GCB)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้เป็นชนิดที่ใช้ก๊าซซัลเฟอร์-เฮกซาฟลูออไรด์ (Sulphur-hexafluoride: SF6) ในการดับอาร์ค ซึ่งก๊าซ SF6 เป็นก๊าซที่อยู่ในสภาวะสมมาตรเป็นอย่างยิ่ง จึงทำให้โมเลกุลของก๊าซ SF6 นี้มีความเสถียรและไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีใด ๆ คุณสมบัติของก๊าซชนิดนี้คือไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่ติดไฟ และไม่ช่วยให้ติดไฟ กลไกการทำงานของเบรกเกอร์ชนิดนี้คือเมื่อหน้า contact เริ่มแยกห่างจากกันทำให้เกิดอาร์คขึ้น ก็จะมีลูกสูบที่ทำหน้าที่อัดก๊าซ SF6 เข้าปกคลุมอาร์ค ก๊าซ SF6 จะเกิดการอิออนไนซ์ และทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสอาร์คแต่เนื่องจากก๊าซนี้มีค่าความร้อนจำเพาะที่สูงมาก ดังนั้นอาร์คจึงถูกทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว ทำให้ค่าความเป็นฉนวนกลับคืนมา ซึ่งระหว่างนี้หน้า contact จะถูกปกคลุมด้วยก๊าซ SF6 ทำให้มีอุณหภูมิต่ำ และมีค่าความเป็นฉนวนดีพอจะป้องกันไม่ให้เกิดอาร์คขึ้นมาใหม่ได้ ทำให้ปัจจุบันในงานด้านไฟฟ้าแรงดันปานกลางนิยมใช้เบรกเกอร์ชนิดนี้เนื่องจากมีความปลอดภัยสูง แต่มีข้อเสียคือก๊าซ SF6 นั้นมีความเป็นพิษสูง ทั้งต่อผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อม

ภาพที่ 2.16 Gas Circuit Breaker (GCB) brand Schneider Electric

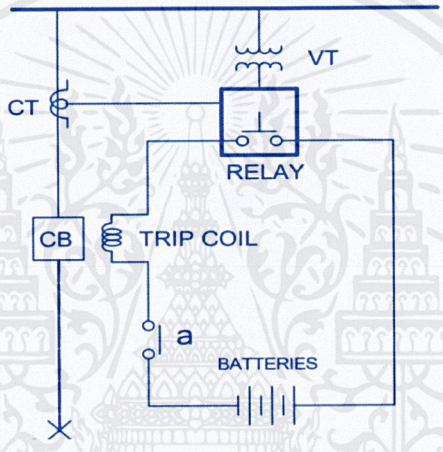
5. Protection Relay

รีเลย์ป้องกัน หรือ Protection Relay คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าแรงดันปานกลาง (Medium Voltage) หรือ ไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage) โดยการรับสัญญาณจาก Voltage Transformer และ Current Transformer ภายในตู้สวิตช์เกียร์ โดยเมื่อค่าสัญญาณที่รับมาเกินกว่าค่าที่ได้ทำการตั้งค่าไว้ จะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ปิดส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน Trip Coil ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เซอร์กิตเบรกเกอร์จะทำการเปิดวงจรแยกส่วนที่เกิดความผิดปกติออกจากระบบอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันไม่ให้ระบบไฟฟ้าเกิดความเสียหาย และเมื่อสภาวะของระบบไฟฟ้ากลับมาสู่สภาวะปกติรีเลย์จะทำให้ระบบไฟฟ้าสามารถกลับมาใช้งานได้อีกครั้ง โดยปกติแล้วรีเลย์ชนิดนี้จะทำงานเมื่อมีความผิดปกติของการใช้งานไฟฟ้า ไม่ว่าจะเกิดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจ่ายกระแสไฟฟ้าเกินของการไฟฟ้า หรือจากผู้ใช้งานที่ทำให้กระแสไฟฟ้าทำงานผิดปกติ โดยรีเลย์ชนิดนี้จะใช้เงื่อนไขในการตรวจสอบความผิดปกติ ดังต่อไปนี้

- Over Current คือกระแสในขณะใช้งานมีค่าเกินที่กำหนดไว้ Protection Relay จะทำการตัดระบบไฟฟ้า
- Max/Min Voltage คือแรงดันในขณะใช้งานมีค่าเกินหรือต่ำกว่าที่กำหนด
- Phase Sequence คือการเรียงลำดับเฟสของไฟฟ้าไม่ถูกต้อง
- Min/Max Frequency คือความถี่ในขณะใช้งานมีค่าเกินหรือต่ำกว่าที่กำหนด
- Asymmetry คือความไม่สมดุลทางไฟฟ้า (Unbalance)



ภาพที่ 2.17 วงจรของ Protection Relay

2.3 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformers) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับระดับแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้มีระดับแรงดันเหมาะสมที่จะใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ หรือ ทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งที่ระดับความถี่เดียวกัน โดยวิธีการเปลี่ยนทั้งค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า จะใช้หลักการของวงจรแม่เหล็กที่กระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ จึงทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น ตามกฎของฟาราเดย์ (Faraday's law) หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนระดับแรงดันให้สูงขึ้นหรือต่ำลงตามต้องการ โดยภายในจะประกอบด้วยขดลวด 2 ชุดคือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding) และ ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding) โดยหม้อแปลงที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่นั้นมีหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบจะมีลักษณะการใช้งาน และสภาพพื้นที่ในการติดตั้งที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

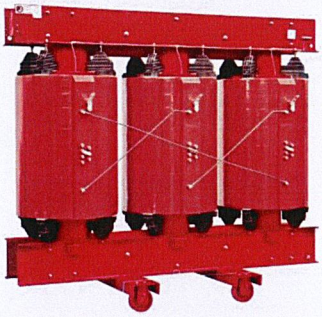
2.3.1 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบน้ำมัน (Oil-Type Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบน้ำมันนิยมติดตั้งภายนอกอาคาร (Outdoor used) โดยจะมีโครงสร้างหลักที่ประกอบไปด้วย ขดลวด, แกนเหล็กซิลิคอน, น้ำมันหม้อแปลง, ตัวถัง, บุชชิ่งแรงสูง, บุชชิ่งแรงต่ำ, เกย์วัดระดับน้ำมันและอุปกรณ์อื่นๆ โดยมีการใช้น้ำมันสำหรับหม้อแปลงโดยเฉพาะสำหรับเป็นฉนวนไฟฟ้า และระบายความร้อนให้กับขดลวดภายในหม้อแปลง

ภาพที่ 2.18 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบน้ำมัน (Oil-Type Transformer)

2.3.2 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง (Dry-Type Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้งเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ฉนวนเป็นวัสดุแข็งนิยมใช้ติดตั้งภายในอาคาร (Indoor used) มีความปลอดภัยจากการเกิดเพลิงไหม้สูง เนื่องจากหากหม้อแปลงระเบิดขึ้นจะไม่มีส่วนที่สามารถติดไฟได้ หม้อแปลงชนิดนี้มีทั้งชนิดที่เป็นฉนวนเรซิ่นแห้ง (Cast Resin) และฉนวนอากาศ (Air Cooled) แต่ที่นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมคือแบบฉนวนเรซิ่นแห้ง



ภาพที่ 2.19 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง (Dry-Type Transformer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Uninterruptible Power Supply: UPS)

เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (UPS) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ได้อย่างต่อเนื่อง แม้ในเวลาที่เกิดไฟดับ หรือเกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าผันผวนผิดปกติ โดย UPS จะทำการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ก่อนจะจ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้า UPS มีหน้าที่หลัก คือ ป้องกันความเสียหายที่สามารถเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ อันมีสาเหตุจากความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้า เช่น ไฟตก, ไฟดับ, ไฟกระชากและไฟเกิน เป็นต้น

หลักการของ UPS ก็คือใช้วิธีการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แล้วเก็บสำรองไว้ในแบตเตอรี่ส่วนหนึ่ง และในกรณีที่เกิดปัญหาทางไฟฟ้า (เช่น ไฟดับ หรือคุณภาพไฟฟ้าผิดปกติ) อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าที่รับมาได้ UPS ก็จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่ ให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แล้วจึงจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าตามปกติ ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เกิดความเสียหาย

ภาพที่ 2.20 เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (UPS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินโครงงาน MPS Walkthrough นั้นจะเริ่มจากการสำรวจไซต์งานของบริษัทฯ ที่รับบริการ เพื่อตรวจสอบสภาพภายนอกและสภาพแวดล้อมของอุปกรณ์รวมถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ทั้งจากตัวอุปกรณ์เองหรือจากสภาพแวดล้อม จากนั้นจะเก็บข้อมูลฟังก์ชั่นการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในไซต์ทั้งหมด แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำรายงานสภาพรวมทั้งสถานะต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่ได้พบเจอ และนำเสนอแนวทางในการป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ รวมถึงเสนอสินค้าและบริการของทางบริษัทฯ ให้ลูกค้าได้ตัดสินใจ จากนั้นจะนำข้อมูลในรายงานไปจัดเก็บในฐานข้อมูลของทางบริษัทฯ เพื่อนำไปใช้งานต่อในอนาคต

3.1 แนวคิดของโครงงาน

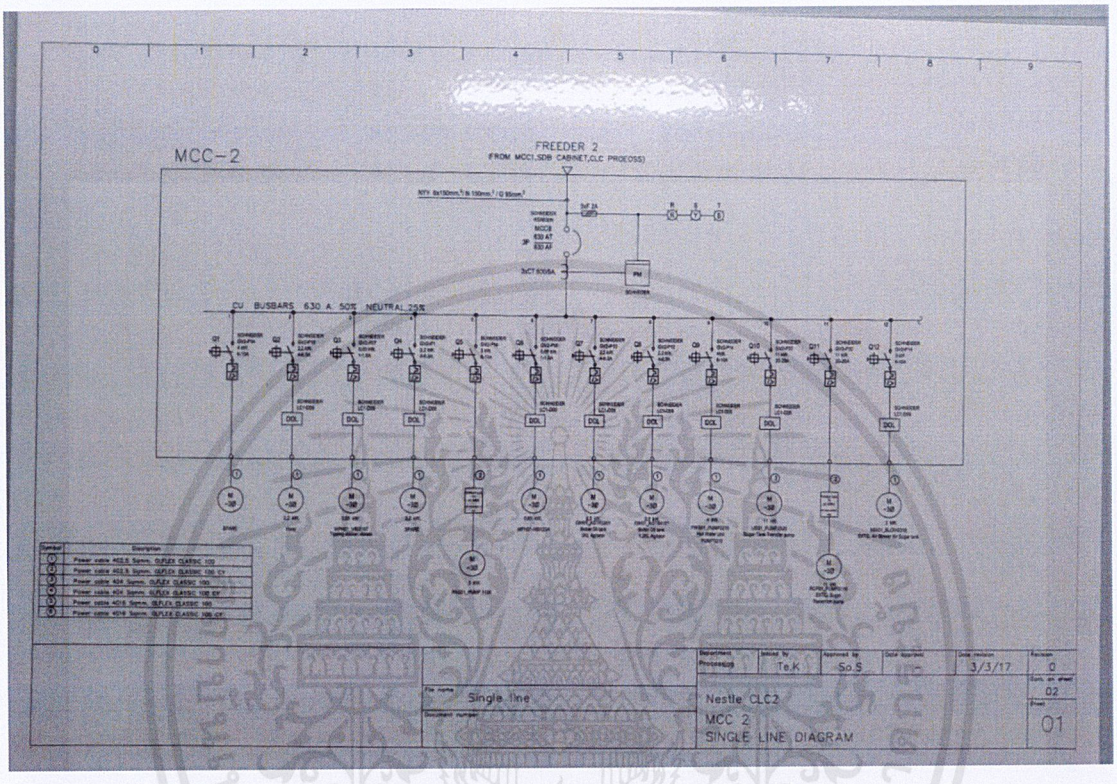
กระบวนการตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ในไซต์งานในปัจจุบันยังต้องอาศัยการเข้าไปตรวจดูโดยเซลล์จากทางบริษัทฯ ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายขึ้นมาในการออกสำรวจไซต์แต่ละครั้ง นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการสูญเสียเวลาในการทำงาน จึงได้มีการนำโครงการ MPS Walkthrough มาปรับใช้โดยการออกไปสำรวจไซต์เพียง 1 ครั้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำรายงานแสดงสถานะต่าง ๆ ของอุปกรณ์ให้ลูกค้ารวมถึงรายงานสภาพของอุปกรณ์ เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสทางธุรกิจให้มากขึ้นและลูกค้ายังทราบถึงอุปกรณ์ที่ล้าสมัย (Obsolescence) หรืออุปกรณ์ที่มีความสำคัญต่อระบบโดยรวม โดยจะมีการเสนอแผนป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น และเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น ควรทำการเก็บอะไหล่หรืออุปกรณ์สำรองเผื่อกรณีฉุกเฉิน ซึ่งหากไม่มีการสำรองอุปกรณ์ไว้จำเป็นต้องรอสั่งอุปกรณ์ประมาณ 3-4 เดือน ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบโดยรวมเป็นอย่างมากเป็นต้น ซึ่งหากนำโครงการ MPS Walkthrough มาปรับใช้จะทำให้การทำงานเป็นไปได้ง่ายมากขึ้น และลดค่าใช้จ่ายได้

3.2 ศึกษาการอ่าน Installed Base description, Single Line Diagram

Single line Diagram เป็นแบบไฟฟ้าอย่างง่ายชนิดหนึ่ง โดยจะใช้เส้นเพียงเส้นเดียวในการแสดงสายไฟฟ้าในวงจร และใช้สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ แทนอุปกรณ์ที่ใช้จริง ข้อดีและสาเหตุที่ต้องศึกษาการอ่าน Single line Diagram เพราะสามารถอ่านแผนผังไฟฟ้าที่มีความซับซ้อนได้ง่ายขึ้น ทราบถึงจำนวนอุปกรณ์คร่าว ๆ รวมทั้งทราบจำนวนห้องที่ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยมีการบอกชื่อห้องและชื่อตู้สวิตช์บอร์ดอย่างชัดเจน และมีการบอกชนิดของอุปกรณ์ ข้อมูลจำเพาะ (Spec) บางอย่างของอุปกรณ์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้งอยู่ด้วย เช่นมีการบอกค่า Ampere Trip (AT), Ampere Frame (AF), Interrupting Capacity (IC) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไว้ แต่มีข้อเสียคือบางครั้งอาจจะไม่มีการบอกลักษณะบางอย่าง เช่น ลักษณะทางกายภาพ ความกว้าง ความยาว ความสูง ของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง ไม่บอกรุ่น และยี่ห้อของอุปกรณ์

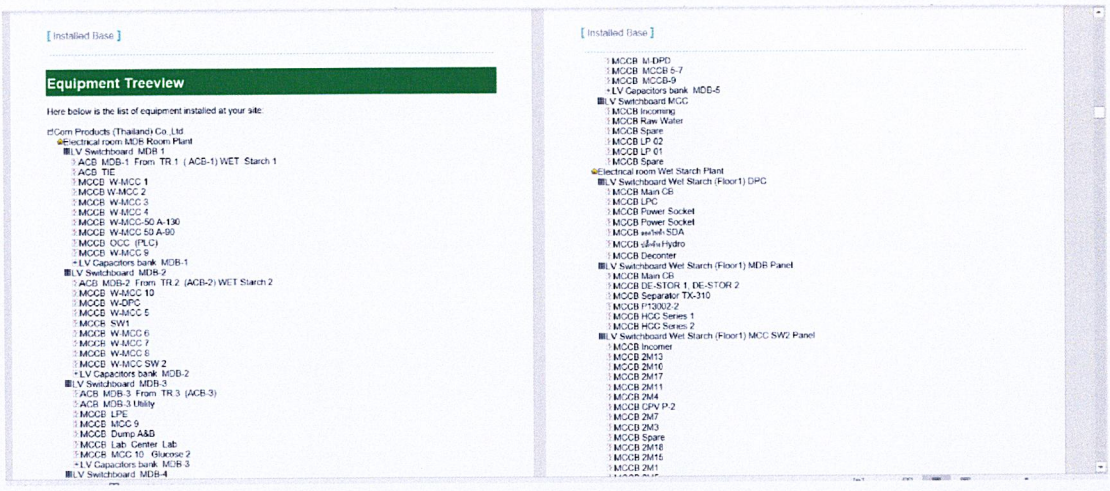


ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างแผนภาพ Single line Diagram

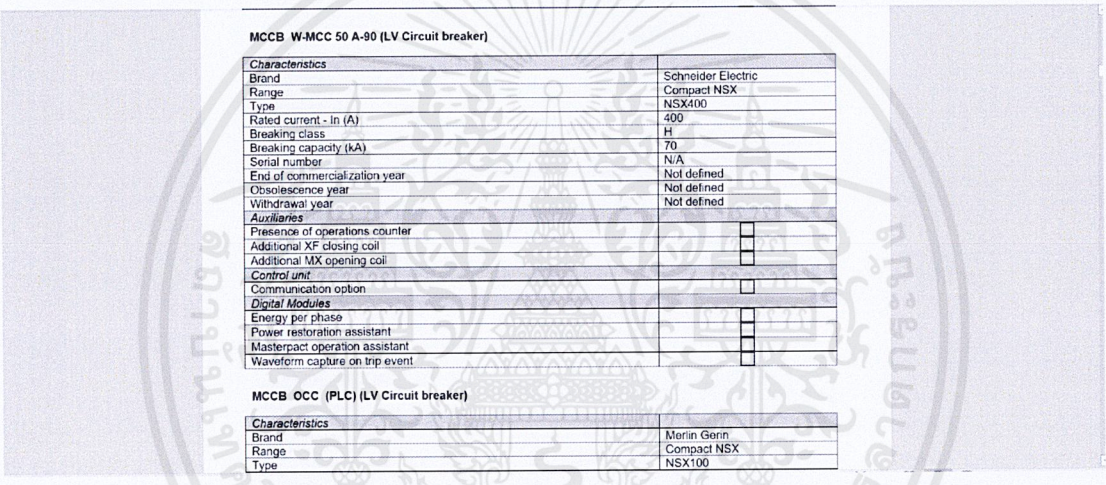
จากรูปตัวอย่าง Single line Diagram จะเห็นว่าเป็นแผนภาพไฟฟ้าของตู้สวิตช์บอร์ดที่ชื่อว่า MCC-2 โดยรับกระแสไฟฟ้ามาจากตู้ MCC-1 ผ่านสายไฟแบบ NYY ผ่านเบรกเกอร์หลักชนิด MCCB มีสเปคคร่าว ๆ คือ 630AT, 630AF, 3 pole และผ่าน CT อัตราส่วน 600/5A แล้วให้แสดงค่าทาง Power meter ของ Schneider Electric แล้วจ่ายไฟไปยังบัสบาร์ทองแดงขนาด 630A โดยมีโหลดต่อเป็นเบรกเกอร์สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้าทั้งหมด 12 ตัว

นอกจากนี้ยังต้องทำการศึกษาการอ่าน Installed Base description ซึ่งเป็นรายงานแบบพิเศษของทางชไนเดอร์ ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้ติดตั้งในไซต์งาน โดยมีรายละเอียดเช่น ข้อมูลการยกเลิกการผลิตของอุปกรณ์บางรุ่น ทริปยูนิต (Trip Unit) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ ขนาด Ampere Trip (AT), Ampere Frame (AF), Interrupting Capacity (IC) เป็นต้น โดยมีการแบ่งเป็นห้อง แยกตู้สวิตช์บอร์ด และบอกถึงอุปกรณ์ในแต่ละตู้อย่างละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ตัวอย่าง Installed Base description



MCCB W-MCC 50 A-90 (LV Circuit breaker)

Characteristics	
Brand	Schneider Electric
Range	Compact NSX
Type	NSX400
Rated current - In (A)	400
Breaking class	H
Breaking capacity (kA)	70
Serial number	N/A
End of commercialization year	Not defined
Obsolescence year	Not defined
Withdrawal year	Not defined
Auxiliaries	
Presence of operations counter	☐
Additional XF closing coil	☐
Additional MX opening coil	☐
Control unit	
Communication option	☐
Digital Modules	
Energy per phase	☐
Power restoration assistant	☐
Masterpact operation assistant	☐
Waveform capture on trip event	☐

MCCB OCC (PLC) (LV Circuit breaker)

Characteristics	
Brand	Merlin Gerin
Range	Compact NSX
Type	NSX100

ภาพที่ 3.3 ตัวอย่าง Installed Base description

จากตัวอย่างในภาพที่ 3.2 จะเห็นว่ามีการแยกห้องไฟฟ้า และแยกตู้สวิตช์บอร์ดอย่างชัดเจน นอกจากนั้นยังบอกชื่ออุปกรณ์แต่ละตัว ระบุชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ภายในตู้อีกด้วย และในภาพที่ 3.3 จะเป็นรายละเอียดของเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ (LV Circuit Breaker) ชนิด MCCB ชื่ออุปกรณ์คือ W-MCC 50 A-90 ยี่ห้อ Schneider Electric อยู่ใน range Compact NSX รุ่น NSX400 Class H ซึ่ง NSX400 หมายถึงค่ากระแสใช้งานที่สภาวะปกติไม่เกิน 400A และ class H บอกถึงค่า IC = 70kA โดยในช่อง End of commercialization, Obsolescence year และ Withdrawal year เป็น Not defined หมายถึงยังคงมีการผลิตและจัดจำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกสำรวจไซต์งาน (Site Survey)

หลังจากศึกษาการอ่าน Single line Diagram และ Installed Base description เพื่อสร้างความเข้าใจและรู้จักอุปกรณ์แต่ละชนิดแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสำรวจไซต์ของลูกค้าที่รับบริการ MPS Walkthrough เพื่อตรวจเช็คสภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าในไซต์งาน โดยมุ่งเน้นไปที่การตรวจสภาพของอุปกรณ์แต่ละตัวว่ามีสภาพภายนอกเป็นอย่างไร ตรวจสอบสเปคของอุปกรณ์ ความพร้อมใช้งาน และสภาพแวดล้อมในสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ ว่ามีความเสี่ยงที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายทั้งกับผู้ใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือไม่ และบันทึกข้อมูลเบื้องต้นโดยการจดบันทึกสิ่งที่เจอ ควบคู่กับการถ่ายรูปเพื่อนำไปทำรายงานเสนอให้ลูกค้า โดยในการสำรวจไซต์งานแต่ละที่ต้องมีการแต่งกายให้เหมาะสมด้วยเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น

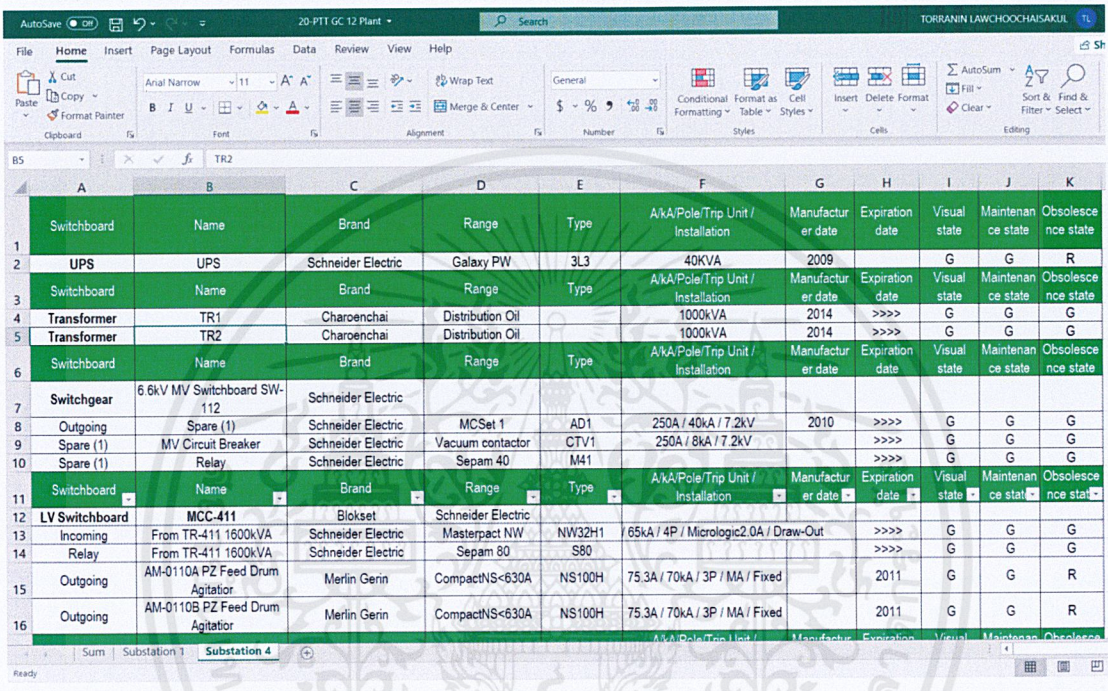
ภาพที่ 3.4 การสำรวจไซต์ (Site Survey)

3.4 การจัดทำข้อมูลรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า (List of Equipment)

หลังจากการสำรวจไซต์เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะต้องนำข้อมูลที่ได้มาทำข้อมูลรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า (List of Equipment) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแบบเป็นตาราง ซึ่งข้อดีของการใช้โปรแกรม Microsoft Excel คือสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้ง่าย นับจำนวนของอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ง่ายเนื่องจากโปรแกรม Microsoft Excel สามารถกรองข้อมูล (Filter) ที่ต้องการได้ ซึ่งรายการอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะเป็นรายการที่บอกว่าอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่เป็นอุปกรณ์จำพวกใด เช่น อุปกรณ์ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าต่ำ (LV Equipment) หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) รีเลย์ (Relay) เป็นต้น นอกจากนี้ยังบอกชื่อของอุปกรณ์ไฟฟ้า ฟังค์ชั่นการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเปคของอุปกรณ์ สภาพและสถานะของอุปกรณ์ในปัจจุบันด้วย เช่น อุปกรณ์มีลักษณะทางกายภาพเป็นแบบใด ต้องการทำการซ่อมบำรุงหรือตรวจเช็คอุปกรณ์เชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายหรือไม่ และบอกถึงสถานะปัจจุบันของอุปกรณ์ว่ายังมีการผลิต จัดจำหน่าย หรืออุปกรณ์ชิ้นนั้นล้าสมัยและเลิกทำการผลิตไปแล้ว (Obsolescence) ซึ่งการจัดทำรายการอุปกรณ์ไฟฟ้านี้ช่วยให้มองเห็นภาพรวมของไซต์นั้น ๆ ได้ง่ายขึ้น เพื่อง่ายต่อการนำข้อมูลไปทำรายงาน (Installed Base Report) อย่างละเอียดต่อไป



Switchboard	Name	Brand	Range	Type	A/kA/Pole/Trip Unit / Installation	Manufacturer date	Expiration date	Visual state	Maintenance state	Obsolescence state
UPS	UPS	Schneider Electric	Galaxy PW	3L3	40KVA	2009		G	G	R
Switchboard	Name	Brand	Range	Type	A/kA/Pole/Trip Unit / Installation	Manufacturer date	Expiration date	Visual state	Maintenance state	Obsolescence state
Transformer	TR1	Charoenchai	Distribution Oil		1000kVA	2014	>>>>	G	G	G
Transformer	TR2	Charoenchai	Distribution Oil		1000kVA	2014	>>>>	G	G	G
Switchboard	Name	Brand	Range	Type	A/kA/Pole/Trip Unit / Installation	Manufacturer date	Expiration date	Visual state	Maintenance state	Obsolescence state
Switchgear	6.6kV MV Switchboard SW-112	Schneider Electric								
Outgoing	Spare (1)	Schneider Electric	MCSet 1	AD1	250A / 40kA / 7.2kV	2010	>>>>	G	G	G
Spare (1)	MV Circuit Breaker	Schneider Electric	Vacuum contactor	CTV1	250A / 8kA / 7.2kV		>>>>	G	G	G
Spare (1)	Relay	Schneider Electric	Sepam 40	M41			>>>>	G	G	G
Switchboard	Name	Brand	Range	Type	A/kA/Pole/Trip Unit / Installation	Manufacturer date	Expiration date	Visual state	Maintenance state	Obsolescence state
LV Switchboard	**MCC-411**	Blokset	Schneider Electric							
Incoming	From TR-411 1600kVA	Schneider Electric	Masterpact NW	NW32H1	/ 65kA / 4P / Micrologic2.0A / Draw-Out		>>>>	G	G	G
Relay	From TR-411 1600kVA	Schneider Electric	Sepam 80	S80			>>>>	G	G	G
Outgoing	AM-0110A PZ Feed Drum Agitatior	Merlin Gerin	CompactNS<630A	NS100H	75.3A / 70kA / 3P / MA / Fixed		2011	G	G	R
Outgoing	AM-0110B PZ Feed Drum Agitatior	Merlin Gerin	CompactNS<630A	NS100H	75.3A / 70kA / 3P / MA / Fixed		2011	G	G	R

ภาพที่ 3.5 รายละเอียดของ List of Equipment

โดยรายการข้อมูลที่ใส่ลงใน List of Equipment จะประกอบไปด้วย Switchboard, Name, Brand, Range, Type, A/kA/Pole/Trip Unit / Installation, Manufacturer date, Expiration date, Visual state, Maintenance state และ Obsolescence state

ในส่วนของช่อง Switchboard จะเป็นการระบุว่าอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเป็นอุปกรณ์จำพวกใด โดยแบ่งแยกชนิดอย่างชัดเจน ตามประเภทของอุปกรณ์ ดังนี้

- UPS คือ การระบุว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดนั้นเป็นเครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Uninterruptible Power Supply: UPS)
- Transformer คือ การระบุว่าอุปกรณ์นั้นเป็นหม้อแปลงไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Switchgear คือการระบุว่าอุปกรณ์นั้นคือตู้สวิตช์เกียร์แรงดันไฟฟ้าปานกลาง (Medium Voltage Switchgear) โดยจะกรอกข้อมูลทีละตู้ ต่อจากนั้นจะระบุว่าตู้สวิตช์เกียร์ตู้นั้นทำหน้าที่เป็นตัวรับกระแส (Incomer) หรือตัวจ่ายกระแส (Feeder) และมีอุปกรณ์ภายในตู้กี่ตัว
- LV Switchboard คือ บ่งบอกว่าเป็นตู้สวิตช์บอร์ดแรงดันต่ำ นอกจากนี้ยังบอกฟังก์ชั่นการทำงานของอุปกรณ์ภายในสวิตช์บอร์ดตู้นั้นว่ามีอุปกรณ์กี่ตัว ทำหน้าที่เป็นตัวรับกระแสเข้าในวงจร (Incomer) หรือตัวจ่ายกระแสให้อุปกรณ์ตัวอื่น (Feeder) โดยจะใช้คำว่า Incoming แทนอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Incomer และ Outgoing แทนอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Feeder

ในส่วนของ Name จะเป็นการระบุชื่อ Name Plate ของอุปกรณ์ที่ได้ติดตั้งไว้ โดยในส่วนของตู้สวิตช์เกียร์นั้นอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในตู้จะถูกระบุในช่องนี้ เช่น Relay หรือ MV Circuit Breaker ส่วนของ Brand จะเป็นการบอกว่าใช้อุปกรณ์ของแบรนด์ใด ส่วนของ Range และ Type จะบ่งบอกถึงรุ่นของอุปกรณ์ ในส่วนของ A / kA / Pole / Trip Unit / Installation จะเป็นการบอกสเปคคร่าว ๆ ของอุปกรณ์และบอกลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ตัวนั้น ๆ ส่วนของ Manufacturer date และ Expiration date จะเป็นการบอกถึงวันที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ชิ้นนั้น และวันที่อุปกรณ์ชิ้นนั้นยกเลิกการผลิตไปแล้ว ส่วนของ Visual state, Maintenance state และ Obsolescence state จะเป็นการบอกว่าอุปกรณ์ตัวนั้นมีลักษณะทางกายภาพแบบใด มีการบำรุงรักษาตามเวลาหรือไม่ และอุปกรณ์ชิ้นนั้นยังมีการผลิตอยู่ในปัจจุบันหรือไม่ โดยจะใช้ตัวอักษร G แทนสถานะของอุปกรณ์ว่าดี ใช้ O แทนอุปกรณ์ที่พอใช้โดยอาจจะขาดการบำรุงรักษาบ้าง หรืออุปกรณ์นั้นกำลังมีแผนการยกเลิกการผลิตในอนาคต ใช้ R แทนอุปกรณ์ที่มีความเสี่ยงในการเกิดอันตรายทั้งจากสภาพแวดล้อม ขาดการบำรุงรักษาเป็นเวลานาน หรืออุปกรณ์นั้นได้ยกเลิกการผลิตไปแล้วปัจจุบัน

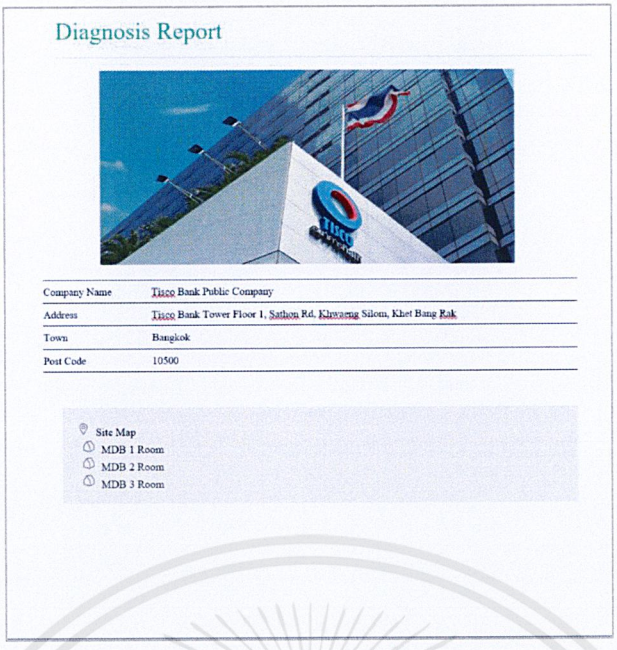
3.5 การจัดทำรายงาน Installed Base Report

หลังจากการทำ List of Equipment แล้วขั้นตอนต่อไปคือการทำรายงานเพื่อเสนอให้ลูกค้าที่รับบริการ MPS Walkthrough ได้รับทราบถึงสถานะของอุปกรณ์ในไซต์งานว่ามีส่วนไหนควรได้รับการแก้ไขบ้าง มีการเสนอรายการสินค้าที่ควรเปลี่ยนให้ลูกค้าได้ทำการตัดสินใจ โดยใน Installed Base Report มีหลายส่วน ดังนี้

3.5.1 รายงานส่วน Diagnosis Report

ในส่วนนี้จะเป็นการบอกว่ารายงานเล่มนี้เป็นรายงานของไซต์ไหนมีข้อมูลต่าง ๆ ของไซต์ เช่น สถานที่ตั้ง และมีห้องไฟฟ้าทั้งหมดกี่ห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Diagnosis Report

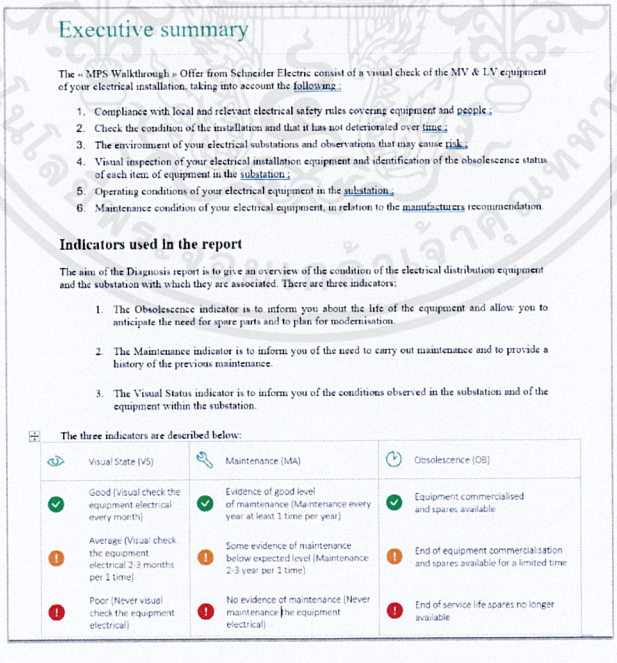
Company Name	Tisco Bank Public Company
Address	Tisco Bank Tower Floor 1, Sathon Rd, Khwaeng Silom, Khet Bang Rak
Town	Bangkok
Post Code	10500

Site Map
MDB 1 Room
MDB 2 Room
MDB 3 Room

ภาพที่ 3.6 รายงานในส่วน Diagnosis Report

3.5.2 รายงานส่วน Executive summary

ในส่วนนี้จะเป็นการบอกข้อมูลโดยทั่วไปลูกค้าจะได้รับจากการรับบริการ MPS Walkthrough รวมถึงบอกการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ภายในรายงาน เพื่อให้ลูกค้าสามารถเข้าใจได้



Executive summary

The « MPS Walkthrough » Offer from Schneider Electric consist of a visual check of the MV & LV equipment of your electrical installation, taking into account the following :

1. Compliance with local and relevant electrical safety rules covering equipment and people ;
2. Check the condition of the installation and that it has not deteriorated over time ;
3. The environment of your electrical substations and observations that may cause risk ;
4. Visual inspection of your electrical installation equipment and identification of the obsolescence status of each item of equipment in the substation ;
5. Operating conditions of your electrical equipment in the substation ;
6. Maintenance condition of your electrical equipment, in relation to the manufacturers recommendation.

Indicators used in the report

The aim of the Diagnosis report is to give an overview of the condition of the electrical distribution equipment and the substation with which they are associated. There are three indicators:

1. The Obsolescence indicator is to inform you about the life of the equipment and allow you to anticipate the need for spare parts and to plan for modernisation.
2. The Maintenance indicator is to inform you of the need to carry out maintenance and to provide a history of the previous maintenance.
3. The Visual Status indicator is to inform you of the conditions observed in the substation and of the equipment within the substation.

The three indicators are described below:

Visual State (VS)	Maintenance (MA)	Obsolescence (OB)
Good (Visual check the equipment electrical every month)	Evidence of good level of maintenance (Maintenance every year at least 1 time per year)	Equipment commercialised and spares available
Average (Visual check the equipment electrical 2-3 months per 1 time)	Some evidence of maintenance below expected level (Maintenance 2-3 year per 1 time)	End of equipment commercialisation and spares available for a limited time
Poor (Never visual check the equipment electrical)	No evidence of maintenance (Never maintenance the equipment electrical)	End of service life spares no longer available

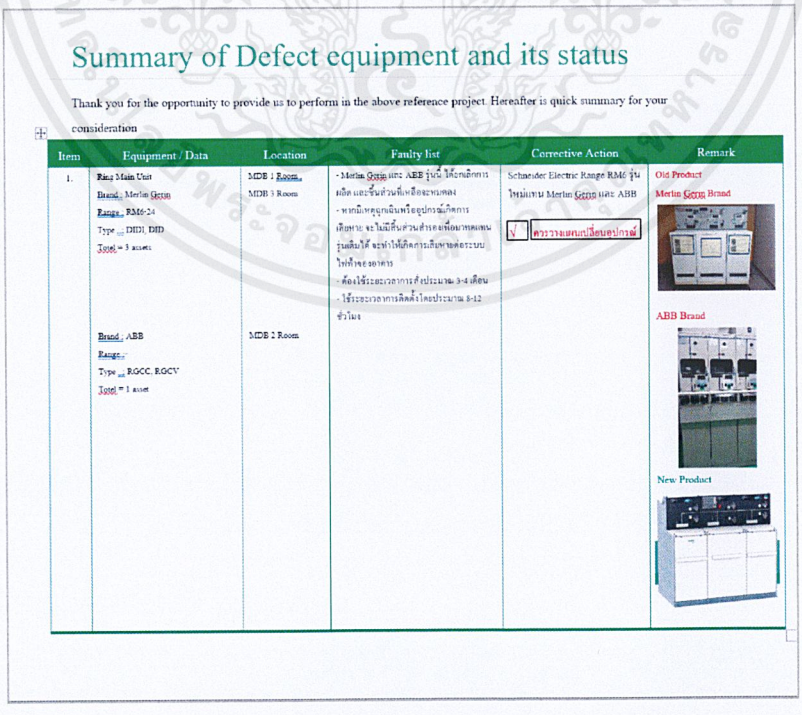
ภาพที่ 3.7 รายงานในส่วน Executive summary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของ Indicators used in the report จะเป็นการบอกถึงสัญลักษณ์ที่ใช้ ในช่องที่บอกสถานะต่าง ๆ โดยจะมีช่อง Visual State (VS), Maintenance (MA) และ Obsolescence (OB) ของอุปกรณ์ โดยสัญลักษณ์ จะบ่งบอกว่าอุปกรณ์นั้นมีลักษณะภายนอกที่ดี ได้รับการบำรุงรักษาเป็นประจำทุกปี หรือยังมีการผลิตเพื่อจัดจำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน สัญลักษณ์ จะบ่งบอกว่าอุปกรณ์นั้นมีลักษณะภายนอกพอใช้ มีการบำรุงรักษาเป็นประจำ 2-3 ปี หรือจะมีการยกเลิกการผลิตในอีกไม่กี่ปีข้างหน้า และสัญลักษณ์ จะบอกว่าอุปกรณ์นั้นมีลักษณะภายนอกที่ไม่ดี ขาดการบำรุงรักษา หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าตัวนั้นได้ยกเลิกการผลิตไปแล้วในปัจจุบัน

3.5.3 รายงานส่วน Summary of Defect equipment and its status

รายงานส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก โดยจะเป็นส่วนที่มีการเสนอให้ลูกค้าเห็นถึงความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าโดยรวม รวมถึงมีการนำเสนออุปกรณ์รุ่นใหม่ของทางบริษัทฯ แทนที่อุปกรณ์รุ่นเดิมที่ควรเปลี่ยน เช่น อุปกรณ์รุ่นนั้นยกเลิกการผลิตไปแล้ว โดยจะมีการบอกข้อมูลของอุปกรณ์ตัวเก่าในช่อง Equipment/Data ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งในช่อง Location เหตุผลด้านความปลอดภัยหรือเหตุผลอื่น ๆ ที่สมควรเปลี่ยนอุปกรณ์ในช่อง Faulty List และเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการเสนออุปกรณ์รุ่นใหม่ที่สามารถติดตั้งและใช้แทนอุปกรณ์เดิมได้ทันทีในช่อง Corrective Action และในช่อง Remark เป็นภาพของอุปกรณ์เก่าและอุปกรณ์รุ่นใหม่



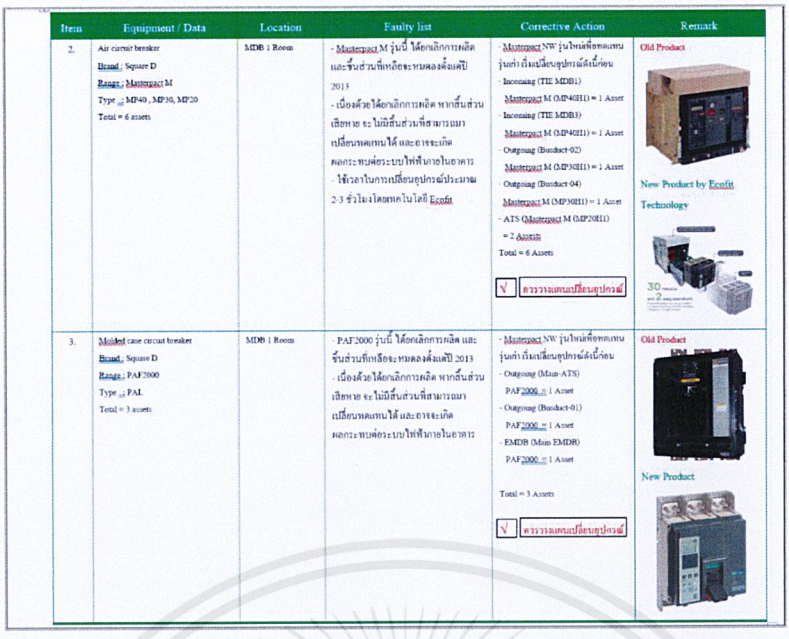
Summary of Defect equipment and its status

Thank you for the opportunity to provide us to perform in the above reference project. Hereafter is quick summary for your consideration

Item	Equipment / Data	Location	Faulty list	Corrective Action	Remark
1.	Ring Main Unit Brand : Merlin Gerin Range : RM6-24 Type : DIDI, DID Total = 3 asset Brand : ABB Range : Type : RGCC, RGCV Total = 1 asset	MDB 1 Room MDB 3 Room MDB 2 Room	- Merlin Gerin และ ABB รุ่นนี้ ได้ยกเลิกการผลิต และชิ้นส่วนที่เหลือจะหมดลง - หากมีเหตุฉุกเฉินหรืออุปกรณ์เกิดการเสียหาย จะไม่มีชิ้นส่วนสำรองเพื่อมาทดแทนรุ่นเดิมได้ จะทำให้เกิดการเสียหายต่อระบบไฟฟ้าของอาคาร - ต้องใช้ระยะเวลาการสั่งประมาณ 3-4 เดือน - ใช้ระยะเวลาการติดตั้งโดยประมาณ 8-12 ชั่วโมง	Schneider Electric Range RM6 รุ่นใหม่แทน Merlin Gerin และ ABB √ ควรวางแผนเปลี่ยนอุปกรณ์	Old Product Merlin Gerin Brand ABB Brand New Product

ภาพที่ 3.8 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน Summary of Defect equipment and its status

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

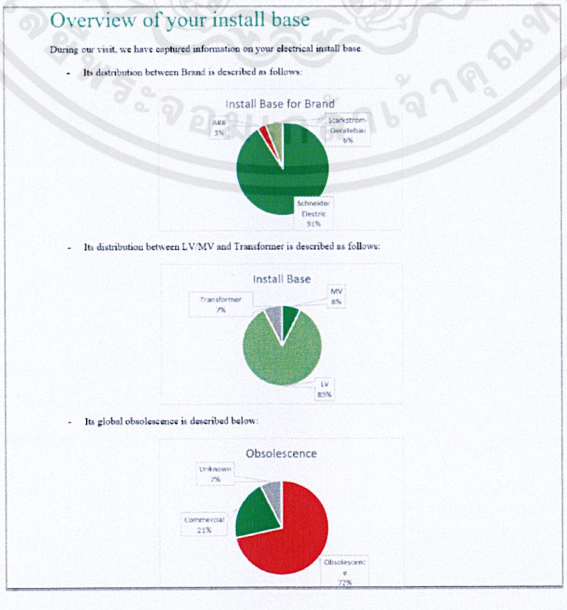


Item	Equipment / Data	Location	Faulty list	Corrective Action	Remark
2.	Air circuit breaker Brand : Square D Range : Masterpact M Type : MP40 , MP30, MP20 Total = 6 assets	MDB 1 Room	- Masterpact M รุ่นนี้ ได้ยกเลิกการผลิต และชิ้นส่วนที่หลือจะหมดลงตั้งแต่ปี 2013 - เนื่องด้วยได้ยกเลิกการผลิต หากชิ้นส่วนเสียหาย จะไม่มีชิ้นส่วนที่สามารถมาเปลี่ยนทดแทนได้ และอาจจะเกิดผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าภายในอาคาร - ใช้เวลาในการเปลี่ยนอุปกรณ์ประมาณ 2-3 ชั่วโมงโดยทีมในไอที Ecofit	- Masterpact NW รุ่นใหม่ที่จะทดแทนรุ่นเก่า เริ่มเปลี่ยนอุปกรณ์ส่งเข้าก่อน - Incoming (TIE MDB1) Masterpact M (MP40H1) = 1 Asset - Incoming (TIE MDB3) Masterpact M (MP40H1) = 1 Asset - Outgoing (Busduct-02) Masterpact M (MP30H1) = 1 Asset - Outgoing (Busduct-04) Masterpact M (MP30H1) = 1 Asset - ATS (Masterpact M (MP20H1) = 2 Assets Total = 6 Assets √ ตรวจวางแผนเปลี่ยนอุปกรณ์	Old Product New Product by Ecofit Technology
3.	Molded case circuit breaker Brand : Square D Range : PAF2000 Type : PAL Total = 3 assets	MDB 1 Room	- PAF2000 รุ่นนี้ ได้ยกเลิกการผลิต และชิ้นส่วนที่เหลือจะหมดลงตั้งแต่ปี 2013 - เนื่องด้วยได้ยกเลิกการผลิต หากชิ้นส่วนเสียหาย จะไม่มีชิ้นส่วนที่สามารถมาเปลี่ยนทดแทนได้ และอาจจะเกิดผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าภายในอาคาร	- Masterpact NW รุ่นใหม่ที่จะทดแทนรุ่นเก่า เริ่มเปลี่ยนอุปกรณ์ส่งเข้าก่อน - Outgoing (Main ATS) PAF2000 = 1 Asset - Outgoing (Busduct-01) PAF2000 = 1 Asset - EMDB (Main EMDB) PAF2000 = 1 Asset Total = 3 Assets √ ตรวจวางแผนเปลี่ยนอุปกรณ์	Old Product New Product

ภาพที่ 3.9 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน Summary of Defect equipment and its status

3.5.4 รายงานส่วน Overview of your install base

ในส่วนนี้จะเป็นการบอกจำนวนของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในไซต์งานอย่างคร่าว ๆ แสดงข้อมูลในรูปของแผนภูมิวงกลมบอกเป็นสัดส่วน โดยจะบอกทั้งหมด 3 หัวข้อคือ อัตราส่วนระหว่างแบรนด์ที่ใช้ในไซต์ อัตราส่วนระหว่างชนิดของอุปกรณ์ในไซต์ว่าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันปากลาง หม้อแปลง หรือ UPS และอัตราส่วนของอุปกรณ์ที่ยังจำหน่ายอยู่ (Commercial) กับอุปกรณ์ที่ยกเลิกการผลิตไปแล้ว (Obsolescence)

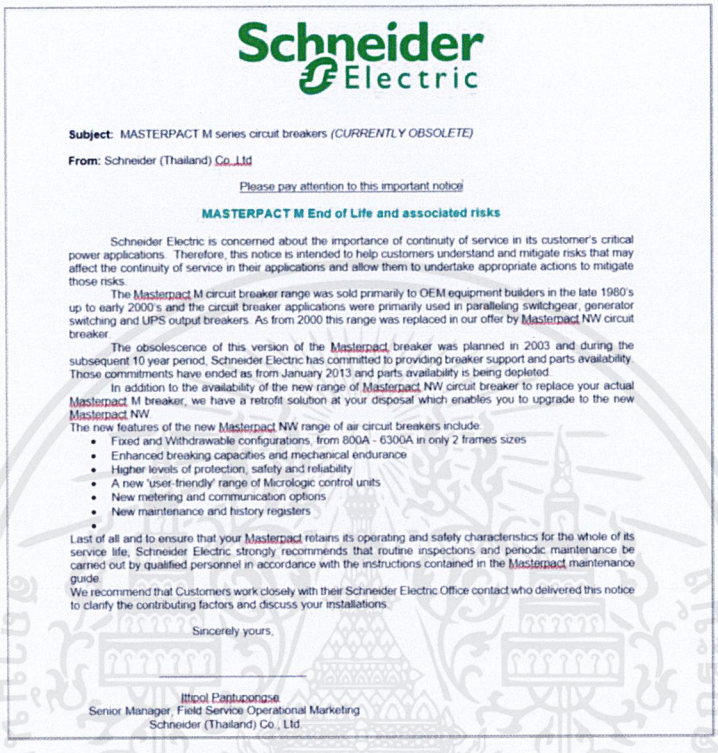


ภาพที่ 3.10 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน Overview of your install base

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 รายงานส่วน Asset Commercial and Obsolescence

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ชี้แจงข้อมูลของอุปกรณ์ที่ Obsolescence ไปแล้วที่มีการติดตั้งอยู่ภายในไซต์ให้ลูกค้าได้รู้ และทำการนำเสนออุปกรณ์รุ่นใหม่ที่ผลิตมาเพื่อทดแทนรุ่นเดิมที่ยกเลิกไป เพื่อจะได้ทำการวางแผนเพื่อจัดซื้อ หรือแก้ไขต่อไป



Schneider Electric

Subject: MASTERPACT M series circuit breakers *(CURRENTLY OBSOLETE)*

From: Schneider (Thailand) Co. Ltd

Please pay attention to this important notice!

MASTERPACT M End of Life and associated risks

Schneider Electric is concerned about the importance of continuity of service in its customer's critical power applications. Therefore, this notice is intended to help customers understand and mitigate risks that may affect the continuity of service in their applications and allow them to undertake appropriate actions to mitigate those risks.

The Masterpact M circuit breaker range was sold primarily to OEM equipment builders in the late 1980's up to early 2000's and the circuit breaker applications were primarily used in paralleling switchgear, generator switching and UPS output breakers. As from 2000 this range was replaced in our offer by Masterpact NW circuit breaker.

The obsolescence of this version of the Masterpact breaker was planned in 2003 and during the subsequent 10 year period, Schneider Electric has committed to providing breaker support and parts availability. Those commitments have ended as from January 2013 and parts availability is being depleted.

In addition to the availability of the new range of Masterpact NW circuit breaker to replace your actual Masterpact M breaker, we have a retrofit solution at your disposal which enables you to upgrade to the new Masterpact NW.

The new features of the new Masterpact NW range of air circuit breakers include:

- Fixed and Withdrawable configurations, from 800A - 6300A in only 2 frames sizes
- Enhanced breaking capacities and mechanical endurance
- Higher levels of protection, safety and reliability
- A new 'user-friendly' range of Micrologic control units
- New metering and communication options
- New maintenance and history registers
-

Last of all and to ensure that your Masterpact retains its operating and safety characteristics for the whole of its service life, Schneider Electric strongly recommends that routine inspections and periodic maintenance be carried out by qualified personnel in accordance with the instructions contained in the Masterpact maintenance guide.

We recommend that Customers work closely with their Schneider Electric Office contact who delivered this notice to clarify the contributing factors and discuss your installations.

Sincerely yours,

Ittipol Pantupongse
Senior Manager, Field Service Operational Marketing
Schneider (Thailand) Co., Ltd.

ภาพที่ 3.11 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน Asset Commercial and Obsolescence

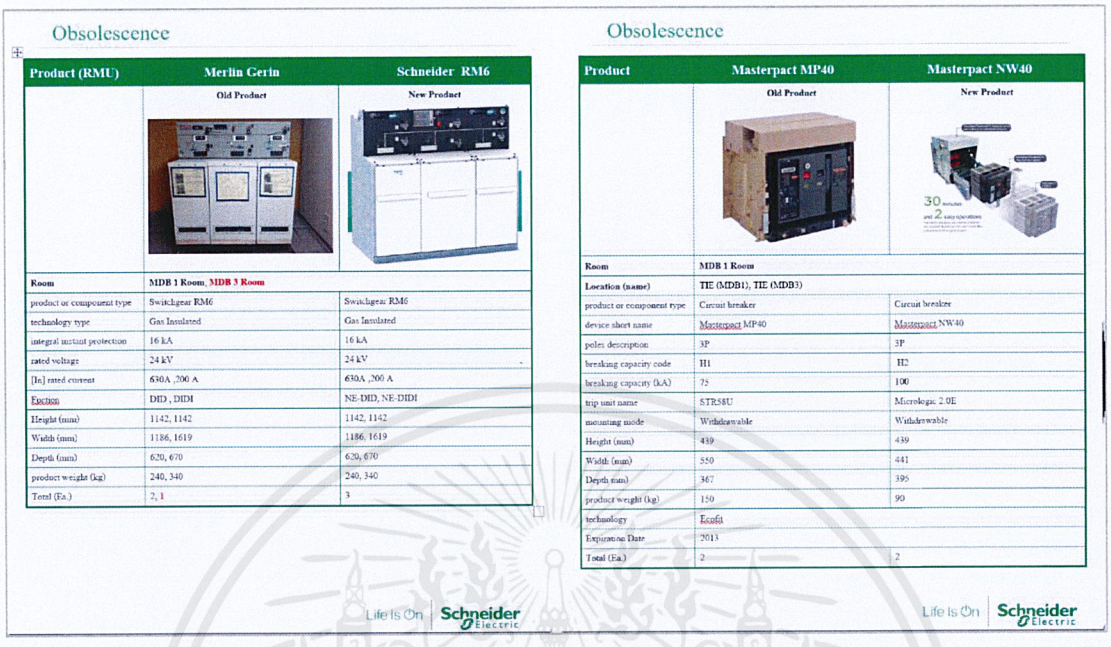
ในรูปด้านบนเป็นการแจ้งเตือนการยกเลิกการผลิตของอุปกรณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิด ACB Range Masterpact M ซึ่งเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์รุ่นเก่ามีการผลิตมาตั้งแต่ปี 1980 ซึ่งมีการยกเลิกการผลิตไปในปี 2013 และได้ผลิตรุ่นใหม่คือ Masterpact NW ที่เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิด ACB เหมือนกันแต่ได้มีการเพิ่มสมรรถนะ มีการเพิ่มระดับความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือให้มากขึ้น เปลี่ยนไปใช้ Trip Unit แบบใหม่ชื่อว่า Micrologic เข้ามาทดแทนรุ่นเดิม

3.5.6 จัดทำ List of Obsolescence Equipment

ส่วนนี้จะเป็นการบอกข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้ยกเลิกการผลิตไปแล้วโดยละเอียด โดยจะบอกทั้งสถานที่ติดตั้ง จำนวนอุปกรณ์ และสเปคของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวโดยละเอียด และมีการนำอุปกรณ์รุ่นใหม่ที่สามารถเปลี่ยนแล้วใช้ทดแทนอุปกรณ์เดิมได้ทันทีมาเทียบเคียง โดยหลักในการหาอุปกรณ์ตัวใหม่มาทดแทนคือหากเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะดูที่ค่าของ Ampere Trip และ ค่า IC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมถึงจำนวน pole ของเบรกเกอร์ให้มีความเหมาะสมกัน หากเป็นสวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางจะใช้การเทียบค่า rated voltage, rated current และ Interrupting Capacity ให้มีค่าที่เหมาะสมกัน



Obsolescence

Product (RMU)	Merlin Gerin	Schneider RM6
	Old Product	New Product
Room	MDB 1 Room, MDB 3 Room	
product or component type	Switchgear RM6	Switchgear RM6
technology type	Gas Insulated	Gas Insulated
integral instant protection	16 kA	16 kA
rated voltage	24 kV	24 kV
[In] rated current	630A ,200 A	630A ,200 A
Exchion	DID , DID	NE-DID, NE-DID
Height (mm)	1142, 1142	1142, 1142
Width (mm)	1186, 1619	1186, 1619
Depth (mm)	620, 670	620, 670
product weight (kg)	240, 340	240, 340
Total (Ea.)	2, 1	3

Obsolescence

Product	Masterpact MP40	Masterpact NW40
	Old Product	New Product
Room	MDB 1 Room	
Location (name)	TIE (MDB1), TIE (MDB3)	
product or component type	Circuit breaker	Circuit breaker
device short name	Masterpact MP40	Masterpact NW40
poles description	3P	3P
breaking capacity code	H1	H2
breaking capacity (kA)	75	100
trip unit name	STR58U	Micrologic 2.0E
mounting mode	Withdrawable	Withdrawable
Height (mm)	439	439
Width (mm)	550	441
Depth (mm)	367	395
product weight (kg)	150	90
technology	Ecofit	
Expiration Date	2013	
Total (Ea.)	2	2

Life Is On Schneider Electric

Life Is On Schneider Electric

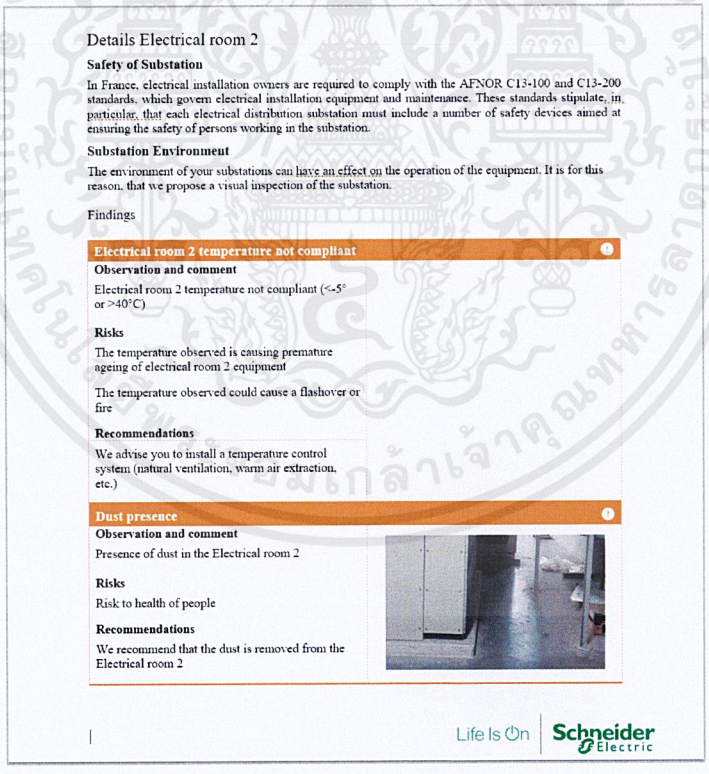
ภาพที่ 3.12 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน List of Obsolescence Equipment

3.5.7 ทำรายการ Details Electrical Room

ในส่วนของ Details Electrical Room นั้นเป็นการนำข้อมูลจาก List of Equipment ที่ทำในโปรแกรม Microsoft Excel มาจัดเป็นหมวดหมู่แยกแต่ละห้องโดยระบุชื่อของห้องไฟฟ้าแต่ละห้องอย่างชัดเจนรวมทั้งมี list อุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องนั้น ๆ เพื่อบอกสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง Visual State (VS), Maintenance (MA) และ Obsolescence (OB) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยการใช้แผนภูมิแบบแท่งและใช้สีแทนการใช้สัญลักษณ์ นอกจากนี้ในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้ายังมีการใส่รูปภาพของอุปกรณ์ในไซต์ที่ติดตั้งอยู่ ทำให้สามารถเห็นสภาพภายนอกของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชิ้น และยังทำให้การนำเอาข้อมูลจาก Installed base Report ไปใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้นในอนาคต และหากสภาพแวดล้อมรวมทั้งสภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องไฟฟ้าห้องใดมีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายหรือไม่เป็นไปตามหลักการด้านความปลอดภัย ก็จะมีการรายงานถึงสาเหตุของสิ่งที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายพร้อมแนบรูปถ่าย และแนะนำแนวทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นให้กับลูกค้าด้วย เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่จะก่อให้เกิดอันตรายทั้งกับระบบไฟฟ้าและตัวผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.13 ส่วนหนึ่งของรายงานในส่วน Details Electrical Room



Details Electrical room 2

Safety of Substation

In France, electrical installation owners are required to comply with the AFNOR C13-100 and C13-200 standards, which govern electrical installation equipment and maintenance. These standards stipulate, in particular, that each electrical distribution substation must include a number of safety devices aimed at ensuring the safety of persons working in the substation.

Substation Environment

The environment of your substations can have an effect on the operation of the equipment. It is for this reason, that we propose a visual inspection of the substation.

Findings

Electrical room 2 temperature not compliant

Observation and comment

Electrical room 2 temperature not compliant (<+5° or >40°C)

Risks

The temperature observed is causing premature ageing of electrical room 2 equipment

The temperature observed could cause a flashover or fire

Recommendations

We advise you to install a temperature control system (natural ventilation, warm air extraction, etc.)

Dust presence

Observation and comment

Presence of dust in the Electrical room 2

Risks

Risk to health of people

Recommendations

We recommend that the dust is removed from the Electrical room 2

Life Is On Schneider Electric

ภาพที่ 3.14 รายงานในส่วนที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้งาน

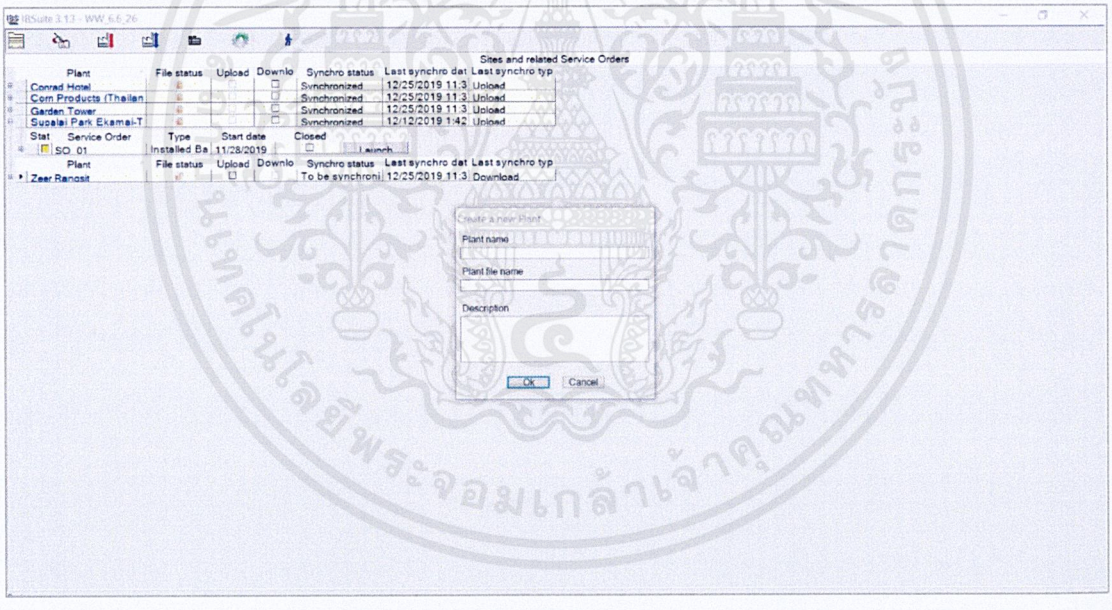
ในภาพตัวอย่างที่ 3.14 จะเห็นว่ามีสภาพแวดล้อมที่จะก่อให้เกิดอันตราย 2 อย่างคือ อุณหภูมิในห้องไฟฟ้า 2 (Electrical room 2) สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานด้านความปลอดภัย และภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องมีฝุ่นมาก โดยอุณหภูมิของห้องไฟฟ้านั้นตามมาตรฐานด้านความปลอดภัย AFNOR C13-100 และ C13-200 ควรมากกว่า -5 องศาเซลเซียสแต่ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียสเพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงที่สุดแต่ภายในห้องไฟฟ้า 2 นั้นมีอุณหภูมิสูงเกิน 40 องศาเซลเซียส เนื่องจากไม่มีการระบายอากาศที่ดี เป็นสาเหตุให้อุปกรณ์ในห้องเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ และยังอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดไฟไหม้ได้ โดยได้เสนอวิธีแก้ไขคือควรติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศในห้องเพิ่ม และ ปัญหาฝุ่นในห้องไฟฟ้าจะทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพของผู้ใช้ จึงควรทำความสะอาดห้องเพื่อกำจัดฝุ่นละออง

3.6 การจัดเก็บข้อมูลของแต่ละไซต์ลงในฐานข้อมูลของบริษัท

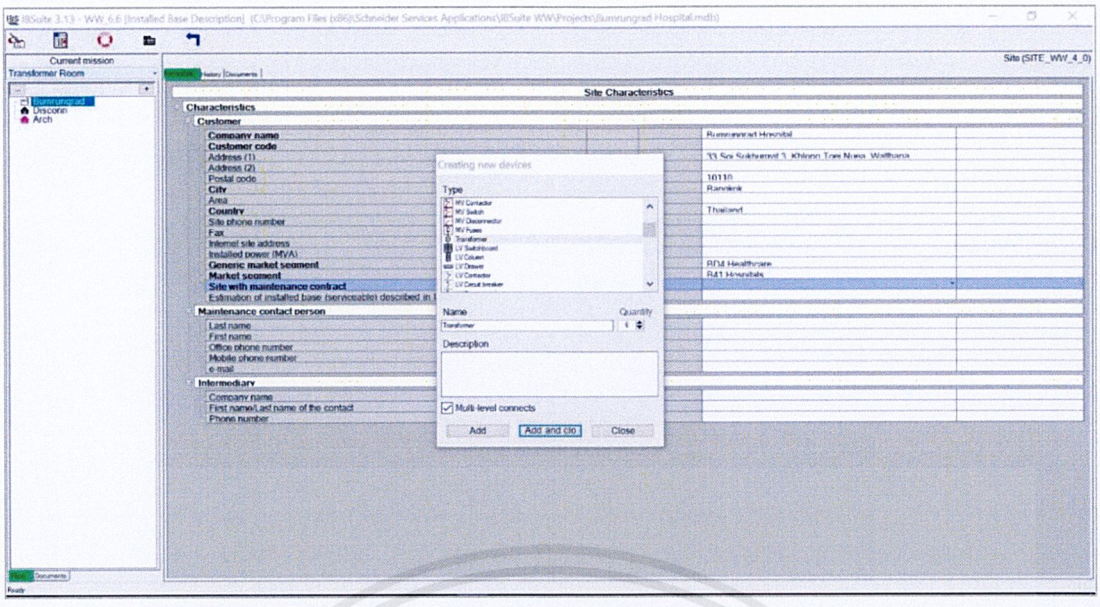
หลังจากทำ Installed Base Report แล้วต้องนำข้อมูลของแต่ละ Report มาจัดเก็บในฐานข้อมูลของบริษัทฯ เพื่อให้ฝ่ายอื่น ๆ เช่นฝ่ายขาย ฝ่ายการตลาด สามารถนำข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลสเปคอย่างละเอียดไปใช้งานได้ง่ายมากขึ้น โดยการจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลจะใช้โปรแกรม IBSuite 3.13 ในการจัดเก็บ ซึ่งเป็นโปรแกรมของทางบริษัทฯเอง



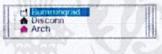
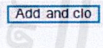
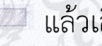
ภาพที่ 3.15 Interface ของโปรแกรม IBSuite 3.13

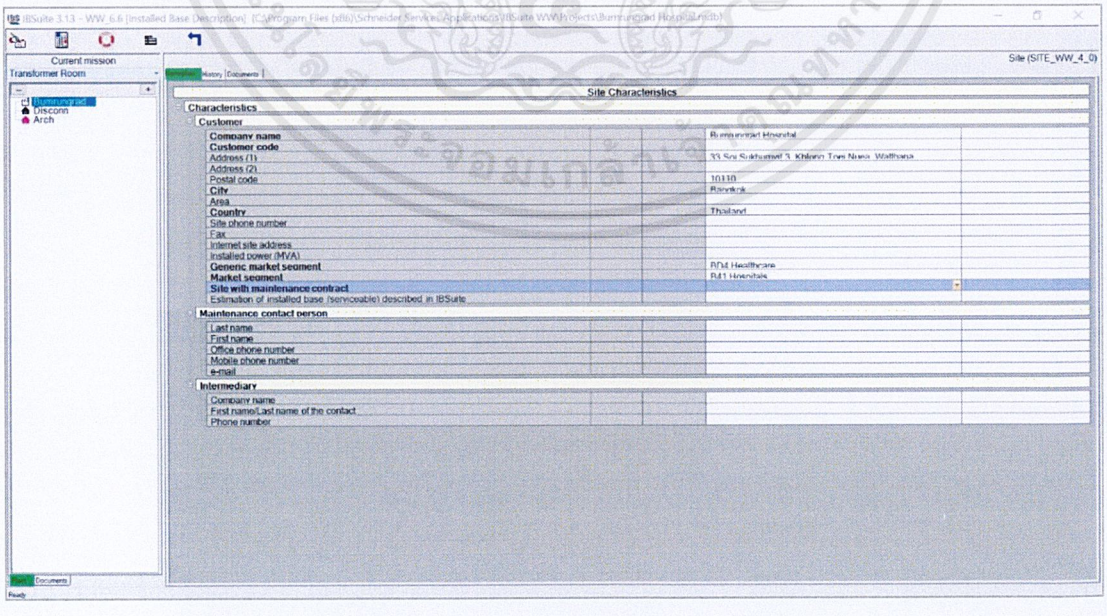
ในการจัดเก็บข้อมูลขั้นแรกต้องทำการ New Plant ก่อนโดยการกด จะมีหน้าต่างขึ้นมาให้ใส่ข้อมูลของ Plant โดยในช่อง plant name ให้ใส่ชื่อของ plant ที่จะทำการเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล แล้วกด Ok

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 ภาพหลังจากพิมพ์ข้อมูลพื้นฐานของ plant แล้ว

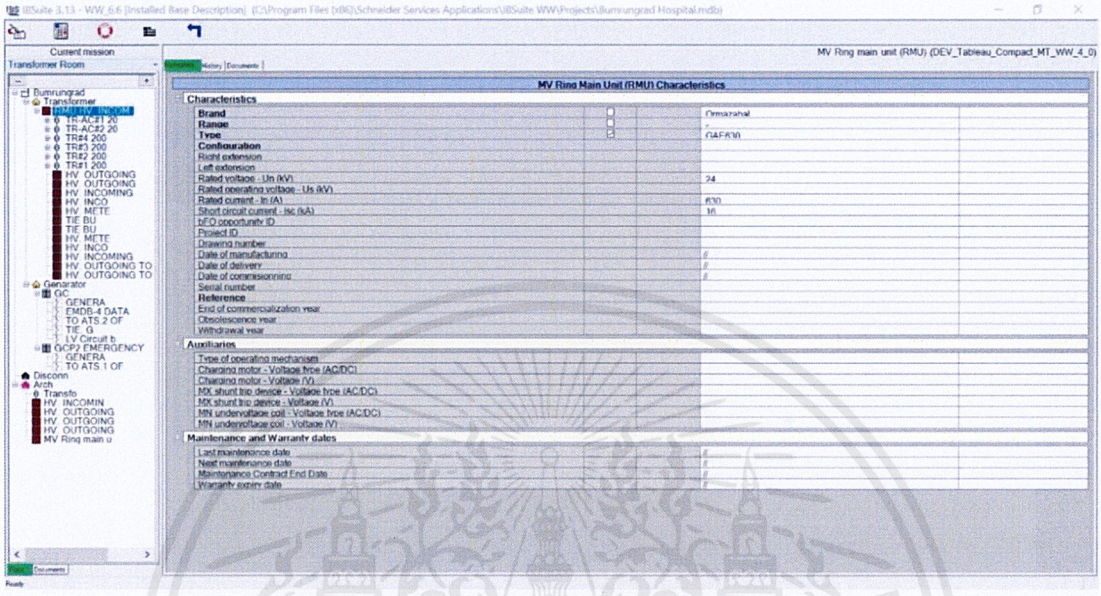
หลังจากนั้นจะมีหน้าต่างขึ้นมาให้กรอกข้อมูลพื้นฐานของ plant เช่น ชื่อ, สถานที่ตั้ง เป็นต้น หลังจากกรอกข้อมูลพื้นฐานเสร็จ ต่อไปจะเป็นการเพิ่มห้องไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆภายในห้อง โดยการคลิกขวาบริเวณชื่อ plant ทางด้านขวา  แล้วเลือกเมนู Creating new device จะมีหน้าต่างอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดมาให้เลือก เช่น ตู้ LV Switchboard, เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำเป็นต้น หลังจากเลือกอุปกรณ์แล้วต้องการปิดหน้าต่างให้กด  Add and close แต่หากต้องการเพิ่มอุปกรณ์ตัวอื่นอีกให้เลือก  แล้วเลือกอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ ต่อไป



ภาพที่ 3.17 ภาพตัวอย่างการเพิ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

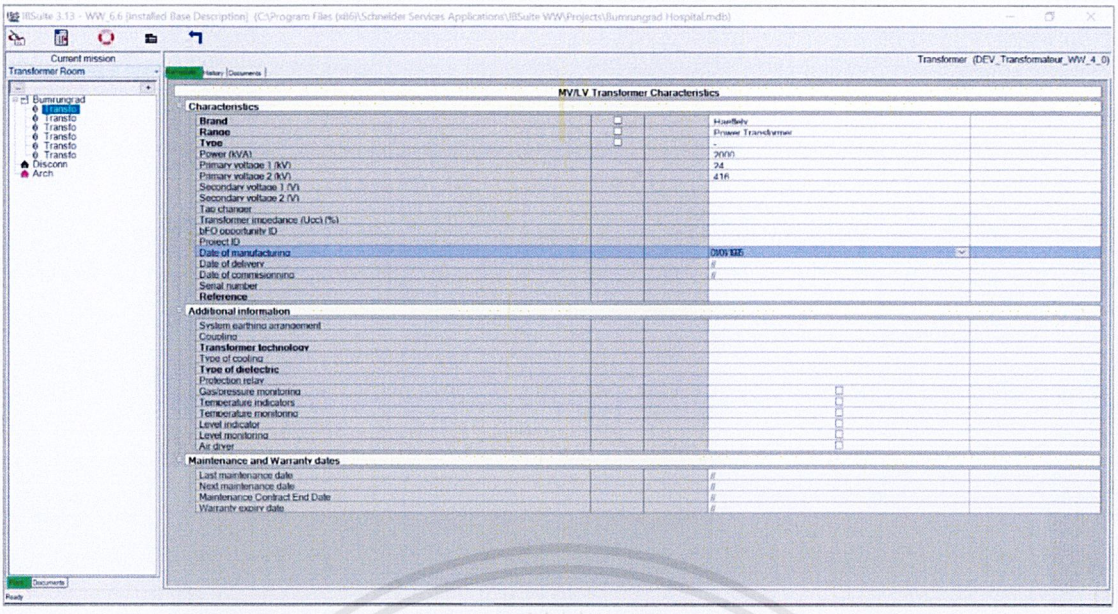
โดยผู้จัดทำโครงงานจะยกตัวอย่างการเพิ่มห้องไฟฟ้าจำนวน 2 ห้องชื่อว่าห้อง Transformer และห้อง Generator โดยในห้อง Transformer จะมีหม้อแปลง 6 ตัว มีตู้สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลาง 12 ตู้และในห้อง Generator จะมีตู้สวิตช์บอร์ดแรงดันต่ำทั้งหมด 2 ตู้โดยตู้ที่ 1 มีเซอร์กิตเบรกเกอร์ 5 ตัวและตู้ที่ 2 มีเซอร์กิตเบรกเกอร์ 2 ตัว ได้ดังนี้



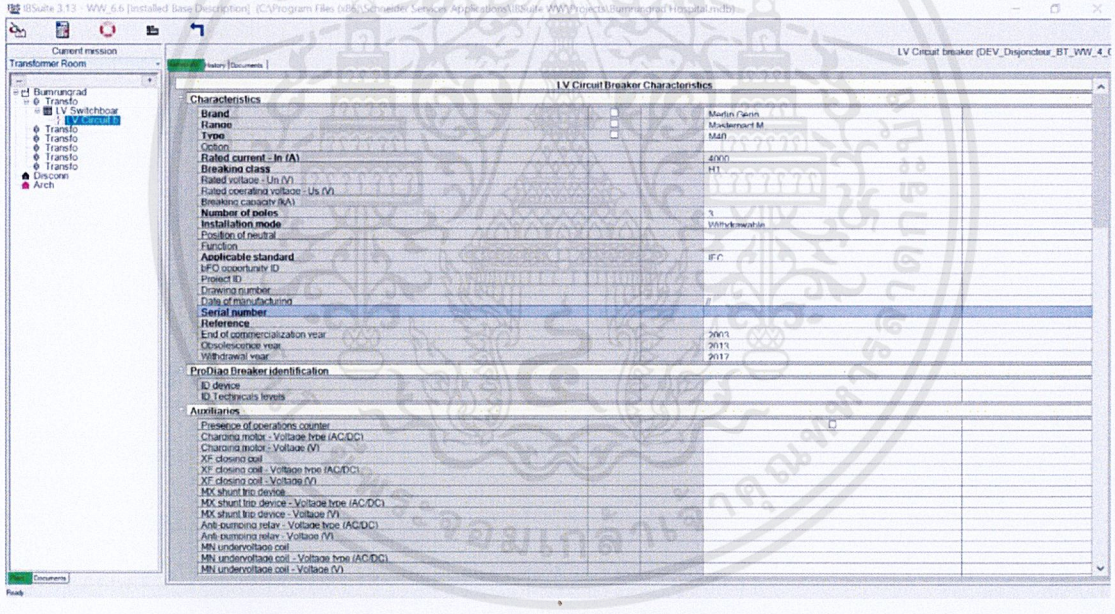
ภาพที่ 3.18 ตัวอย่างการจัดเก็บข้อมูล

หลักการในการจัดเก็บข้อมูลคือจัดหมวดหมู่อุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละห้องแยกออกจากกันอย่างชัดเจน เพื่อให้ดูง่ายว่าแต่ละห้องมีอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวใดชนิดใดอยู่บ้าง แล้วทำการเพิ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าลงไปในแต่ละห้อง โดยหากอุปกรณ์ตัวใดมีอุปกรณ์ย่อยภายในอีก ก็ให้เพิ่มไปเป็นตัวย่อยของอุปกรณ์นั้นอีกที ดังในภาพตัวอย่างที่ 3.18 มีตู้สวิตช์บอร์ดแรงดันต่ำชื่อ GCP2 EMERGENCY และภายในตู้ GCP2 EMERGENCY มีเซอร์กิตเบรกเกอร์ภายในตู้ 2 ตัวชื่อ GENERATOR และ TO ATS.1 OFFICE หลังจากเพิ่มอุปกรณ์แล้วจะมีหน้าต่างขึ้นมาให้กรอกข้อมูลสเปคของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยละเอียด ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดจะมีช่องให้กรอกที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าและค่าต่าง ๆ ที่มีความสำคัญของอุปกรณ์ตัวนั้น ๆ เช่น ในภาพ 3.19 เป็นภาพหน้าต่างการกรอกข้อมูลสเปคของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมีส่วนที่จำเป็นต้องใส่ข้อมูลคือ แบรนด์ของหม้อแปลง (Brand), รุ่นของหม้อแปลง (Range), กำลังที่หม้อแปลงจ่ายได้ (Power), แรงดันไฟฟ้าขาเข้าหม้อแปลง (Primary Voltage) และแรงดันไฟฟ้าออกจากหม้อแปลง (Secondary Voltage) โดยในภาพเป็นหม้อแปลงแบรนด์ Haeffely เป็นหม้อแปลงชนิด Power transformer มีกำลังไฟฟ้า 2000kVA แรงดันไฟฟ้าขาเข้า 24000V (24kV) และแรงดันไฟฟ้าขาออก 416V โดยในช่องอื่นหากมีข้อมูลก็สามารถใส่เพิ่มเติมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.19 หน้าต่างเพื่อกรอกข้อมูลสเปคของหม้อแปลงไฟฟ้า



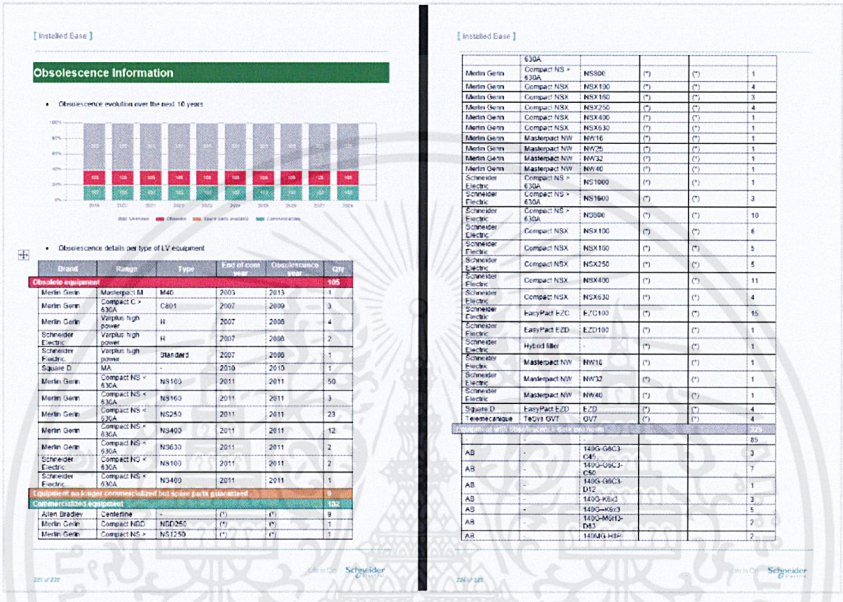
ภาพที่ 3.20 หน้าต่างเพื่อกรอกข้อมูลสเปคของเซอร์กิตเบรกเกอร์

ภาพ 3.20 เป็นภาพตัวอย่างการกรอกข้อมูลสเปคของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ซึ่งมีส่วนที่จำเป็นต้องใส่ข้อมูลคือ แบรนด์ของเบรกเกอร์ (Brand), รุ่นของเบรกเกอร์ (Range, Type), ค่ากระแสใช้งานในสภาวะปกติ (Rated current – In), class ของเบรกเกอร์, จำนวน pole, โหมดที่ใช้ในการติดตั้ง (Installation mode) และมาตรฐานด้านความปลอดภัยของเบรกเกอร์ โดยในภาพเป็นเบรกเกอร์ชนิด ACB แบรนด์ Merlin Gerin รุ่น Masterpact M40 class H1 มี 3 pole โหมดที่ใช้ในการ

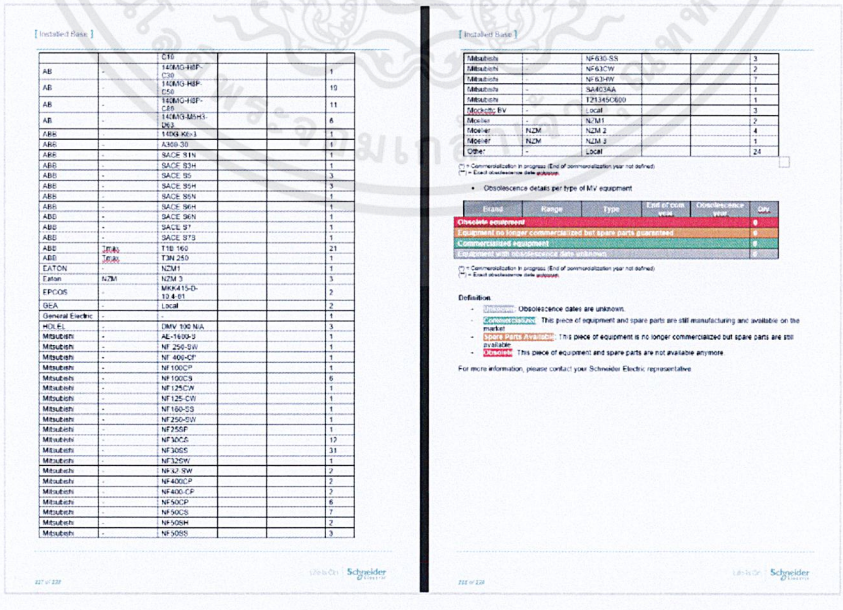
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้งเป็นแบบ Draw-out โดยผ่านมาตรฐานด้านความปลอดภัย IEC 947-2 ซึ่งเป็นมาตรฐานด้านความปลอดภัยของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เบรกเกอร์รุ่นนี้ Obsolescence ไปตั้งแต่ปี 2013

หลังจากกรอกข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าครบแล้ว ต้องอัพโหลดข้อมูลเข้าไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลของบริษัทฯ โดยการกดสัญลักษณ์ หลังจากอัพโหลดแล้ว ข้อมูลจะไปอยู่ในฐานข้อมูล ถ้ามีโปรแกรม IBSuite จะสามารถโหลดข้อมูลของ plant มาใช้ได้ทันที โดยข้อมูลที่โหลดมาจะเป็น Installed Base Description และโปรแกรมจะสรุปข้อมูลอุปกรณ์ภายใน plant ให้โดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.21 ตัวอย่างผลสรุปข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าใน plant



ภาพที่ 3.22 ตัวอย่างผลสรุปข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าใน plant (ต่อ)

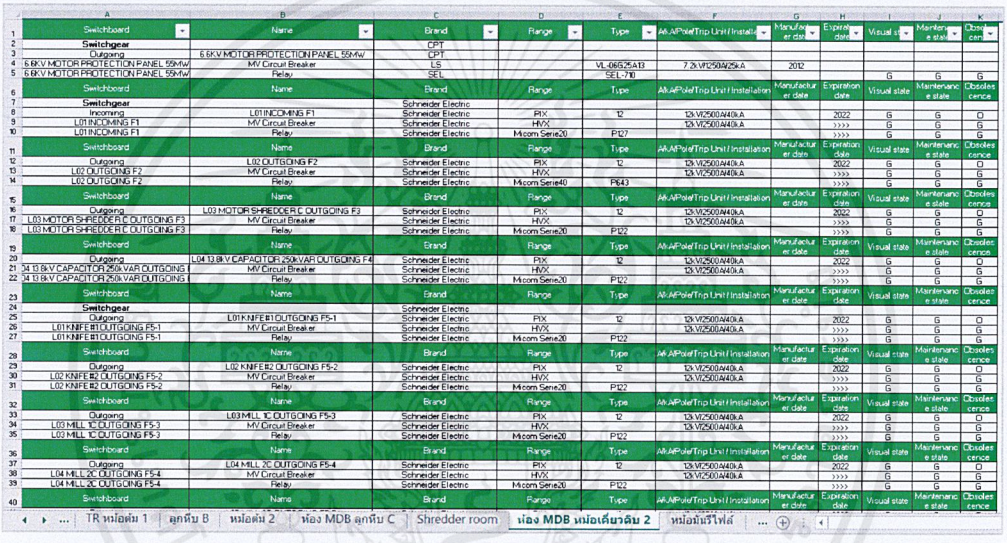
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการจัดทำเอกสารข้อมูลรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า (List of Equipment)

เอกสารข้อมูลรายการอุปกรณ์ไฟฟ้า (List of Equipment) จัดทำขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยแยกเป็นห้อง และแยกชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดหลังจากไป Site survey มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้การทำ Installed base report เป็นไปได้ง่ายมากยิ่งขึ้น และสามารถส่งต่องานให้ผู้นิเทศงานได้ง่าย โดยระหว่างระยะเวลาในการทำสหกิจได้ทำรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งสิ้นจำนวน 18 ไซต์งาน



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Switchboard	Name	Brand	Range	Type	AfcAfPoleTrip Unit / Installa	Manufac er date	Expirat date	Visual st	Maintena e state	Obsole cence
2	**Switchgear**		CPT								
3	Outgoing	6.6KV MOTOR PROTECTION PANEL 55MW	CPT								
4	6.6KV MOTOR PROTECTION PANEL 55MW	MV Circuit Breaker	LS		VL-06625A13	7.2kV/25kA/2500A	2012				
5	6.6KV MOTOR PROTECTION PANEL 55MW	Relay	SEL		SEL-710				G	G	G
6	Switchboard	Name	Brand	Range	Type	AfcAfPoleTrip Unit / Installation	Manufactur er date	Expiration date	Visual state	Maintenanc e state	Obsoles cence
7	**Switchgear**		Schneider Electric								
8	Incoming	L01 INCOMING F1	Schneider Electric	PIX	12	12kV/2500A/40kA		2022	G	G	O
9	L01 INCOMING F1	MV Circuit Breaker	Schneider Electric	HVX		12kV/2500A/40kA		>>>>	G	G	G
10	L01 INCOMING F1	Relay	Schneider Electric	Micom Serie20	P127			>>>>	G	G	G
11	Switchboard	Name	Brand	Range	Type	AfcAfPoleTrip Unit / Installation	Manufactur er date	Expiration date	Visual state	Maintenanc e state	Obsoles cence
12	Outgoing	L02 OUTGOING F2	Schneider Electric	PIX	12	12kV/2500A/40kA		2022	G	G	O
13	L02 OUTGOING F2	MV Circuit Breaker	Schneider Electric	HVX		12kV/2500A/40kA		>>>>	G	G	G
14	L02 OUTGOING F2	Relay	Schneider Electric	Micom Serie40	P643			>>>>	G	G	G
15	Switchboard	Name	Brand	Range	Type	AfcAfPoleTrip Unit / Installation	Manufactur er date	Expiration date	Visual state	Maintenanc e state	Obsoles cence
16	Outgoing	L03 MOTOR SHREDDER C OUTGOING F3	Schneider Electric	PIX	12	12kV/2500A/40kA		2022	G	G	O
17	L03 MOTOR SHREDDER C OUTGOING F3	MV Circuit Breaker	Schneider Electric	HVX		12kV/2500A/40kA		>>>>	G	G	G
18	L03 MOTOR SHREDDER C OUTGOING F3	Relay	Schneider Electric	Micom Serie20	P122			>>>>	G	G	G
19	Switchboard	Name	Brand	Range	Type	AfcAfPoleTrip Unit / Installation	Manufactur er date	Expiration date	Visual state	Maintenanc e state	Obsoles cence
20	Outgoing	L04 13.8kV CAPACITOR 250kVAR OUTGOING F4	Schneider Electric	PIX	12	12kV/2500A/40kA		2022	G	G	O
21	04 13.8kV CAPACITOR 250k VAR OUTGOING I	MV Circuit Breaker	Schneider Electric	HVX		12kV/2500A/40kA		>>>>	G	G	G
22	04 13.8kV CAPACITOR 250k VAR OUTGOING I	Relay	Schneider Electric	Micom Serie20	P122			>>>>	G	G	G
23	Switchboard	Name	Brand	Range	Type	AfcAfPoleTrip Unit / Installation	Manufactur er date	Expiration date	Visual state	Maintenanc e state	Obsoles cence
24	**Switchgear**		Schneider Electric								
25	Outgoing	L01 KNIFE B1 OUTGOING F5-1	Schneider Electric	PIX	12	12kV/2500A/40kA		2022	G	G	O
26	L01 KNIFE B1 OUTGOING F5-1	MV Circuit Breaker	Schneider Electric	HVX		12kV/2500A/40kA		>>>>	G	G	G
27	L01 KNIFE B1 OUTGOING F5-1	Relay	Schneider Electric	Micom Serie20	P122			>>>>	G	G	G
28	Switchboard	Name	Brand	Range	Type	AfcAfPoleTrip Unit / Installation	Manufactur er date	Expiration date	Visual state	Maintenanc e state	Obsoles cence
29	Outgoing	L02 KNIFE B2 OUTGOING F5-2	Schneider Electric	PIX	12	12kV/2500A/40kA		2022	G	G	O
30	L02 KNIFE B2 OUTGOING F5-2	MV Circuit Breaker	Schneider Electric	HVX		12kV/2500A/40kA		>>>>	G	G	G
31	L02 KNIFE B2 OUTGOING F5-2	Relay	Schneider Electric	Micom Serie20	P122			>>>>	G	G	G
32	Switchboard	Name	Brand	Range	Type	AfcAfPoleTrip Unit / Installation	Manufactur er date	Expiration date	Visual state	Maintenanc e state	Obsoles cence
33	Outgoing	L03 MILL 1C OUTGOING F5-3	Schneider Electric	PIX	12	12kV/2500A/40kA		2022	G	G	O
34	L03 MILL 1C OUTGOING F5-3	MV Circuit Breaker	Schneider Electric	HVX		12kV/2500A/40kA		>>>>	G	G	G
35	L03 MILL 1C OUTGOING F5-3	Relay	Schneider Electric	Micom Serie20	P122			>>>>	G	G	G
36	Switchboard	Name	Brand	Range	Type	AfcAfPoleTrip Unit / Installation	Manufactur er date	Expiration date	Visual state	Maintenanc e state	Obsoles cence
37	Outgoing	L04 MILL 2C OUTGOING F5-4	Schneider Electric	PIX	12	12kV/2500A/40kA		2022	G	G	O
38	L04 MILL 2C OUTGOING F5-4	MV Circuit Breaker	Schneider Electric	HVX		12kV/2500A/40kA		>>>>	G	G	G
39	L04 MILL 2C OUTGOING F5-4	Relay	Schneider Electric	Micom Serie20	P122			>>>>	G	G	G
40	Switchboard	Name	Brand	Range	Type	AfcAfPoleTrip Unit / Installation	Manufactur er date	Expiration date	Visual state	Maintenanc e state	Obsoles cence

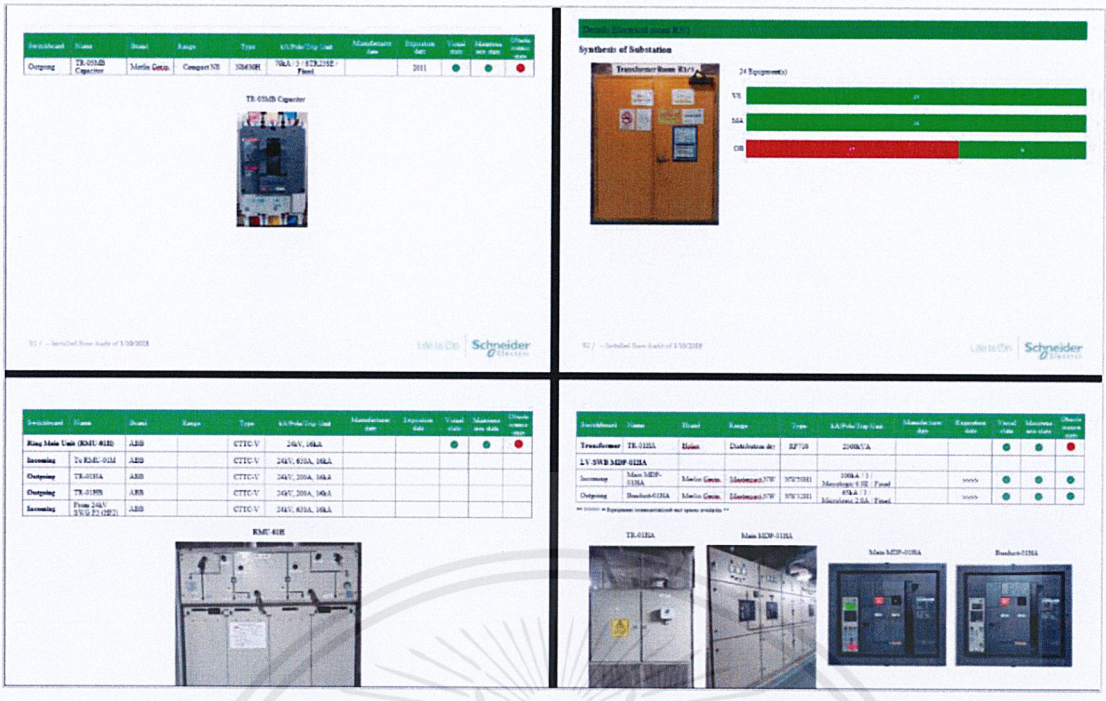
... | TR หม้อต้ม 1 | ลูกหีบ B | หม้อต้ม 2 | ห้อง MDB ลูกหีบ C | Shredder room | ห้อง MDB หม้อเคี่ยวลิม 2 | หม้อน้ำบีไฟล์ | ...

ภาพที่ 4.1 บางส่วนของเอกสารข้อมูล List of Equipment

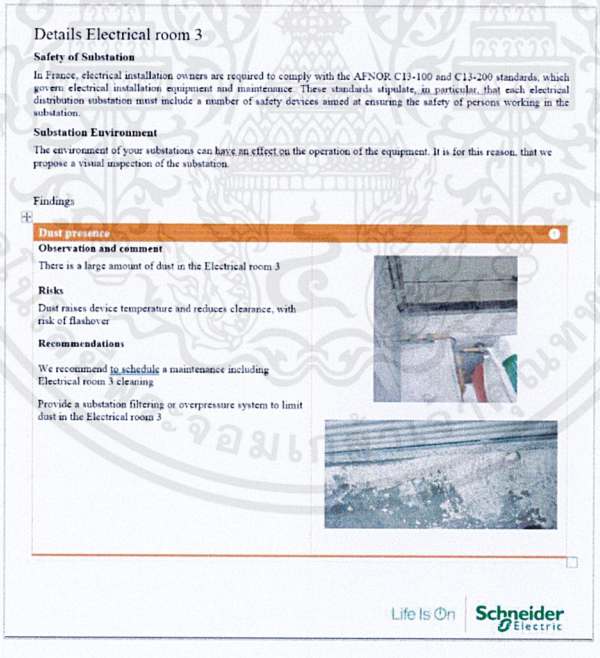
4.2 ผลการจัดทำรายงาน Installed base report

ภายในรายงาน Installed base report จะแบ่งเป็นหลายส่วน โดยจะมีส่วนที่บอกว่ามีอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวใด Obsolescence ไปแล้วและจะทำการจัดหาอุปกรณ์ใหม่มาแทนที่ตัวเก่า นอกจากนี้ยังมีส่วนที่รายงานด้านความปลอดภัยของไซต์งาน และแนะนำวิธีการแก้ไข เพื่อเพิ่มโอกาสทางธุรกิจของบริษัทฯ รวมถึงสร้างความปลอดภัยในการใช้งานให้กับลูกค้าอีกด้วย โดยระหว่างการทำสหกิจศึกษาได้จัดทำ Installed base report ไปทั้งหมด 16 ไซต์งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

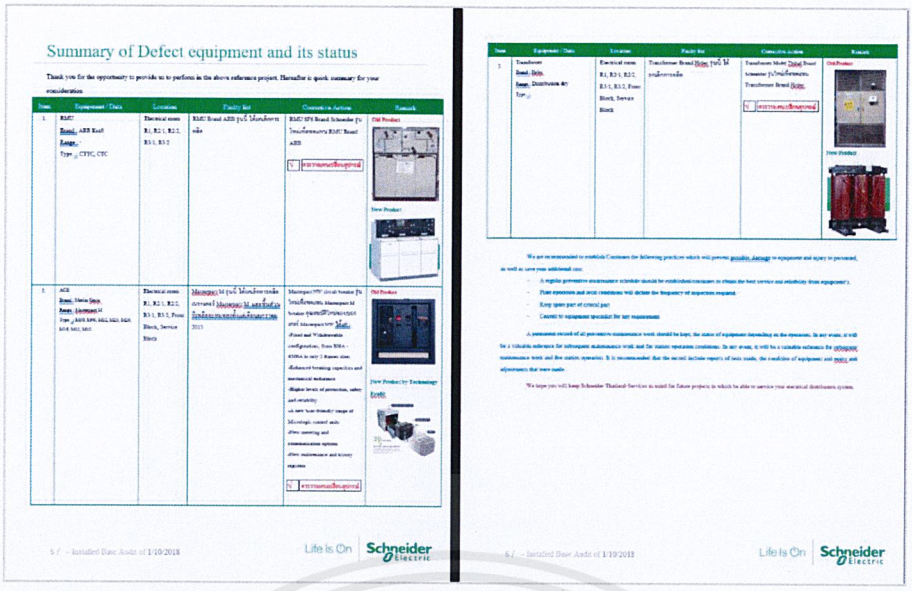


ภาพที่ 4.2 บางส่วนของเอกสาร Installed base report ส่วนรายงานสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า



ภาพที่ 4.3 บางส่วนของเอกสาร Installed base report ส่วนรายงานสภาพแวดล้อมในห้องไฟฟ้า

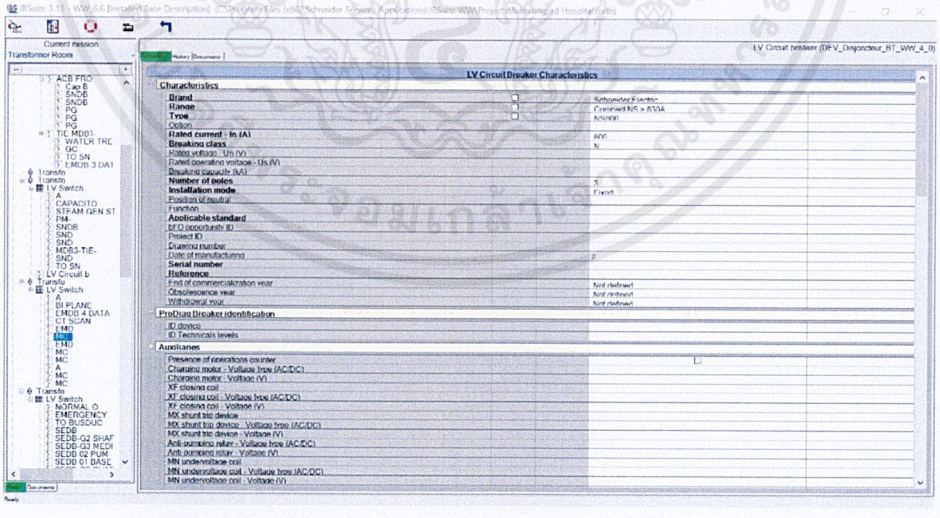
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 บางส่วนของเอกสาร Installed base report ส่วนเสนอรายการสินค้าทดแทนให้ลูกค้า

4.3 ผลการจัดเก็บข้อมูลไซต์งานลงในฐานข้อมูลของทางบริษัท

ในส่วนนี้จะเป็นการนำข้อมูลจากการไปออกสำรวจไซต์งานและใน Installed base report มาเก็บในฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม IBSuite ซึ่งเป็นโปรแกรมภายในบริษัทฯ เองในการเก็บข้อมูลเพื่อหากในอนาคตบริษัทฯ จำเป็นต้องทำธุรกิจกับไซต์งานที่มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลแล้วก็สามารถนำข้อมูลในฐานข้อมูลไปใช้ได้ทันที ทำให้การทำงานเป็นไปได้อย่างราบรื่นและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4.5 การเก็บข้อมูลไซต์งานลงในโปรแกรม IBSuite บางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทำสหกิจศึกษาร่วมกับบริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัดนั้น ตัวผู้จัดทำได้เป็นส่วนหนึ่งของการบุกเบิกการทำโครงการ MPS Walkthrough ซึ่งเป็นโครงการใหม่ของทางบริษัทฯ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุน และค่าใช้จ่ายของบริษัทในการจ่ายค่าเดินทาง ค่าเสียเวลาของพนักงานในการสำรวจไซต์งาน โดยการสำรวจไซต์ที่รับการบริการ MPS Walkthrough โดยจะมีการจัดทำรายงาน Installed base report เพื่อรายงานสภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดภายในไซต์ รวมถึงการรายงานสภาพแวดล้อมที่อาจก่อให้เกิดอันตรายกับทั้งผู้ใช้และระบบไฟฟ้าโดยรวม และมีการนำเสนออุปกรณ์ไฟฟ้ารุ่นใหม่และเทคโนโลยีใหม่ของบริษัทฯ ทำให้บริษัทฯ มีโอกาศในการทำธุรกิจได้ดียิ่งขึ้น และนำข้อมูลที่ได้นี้มาจัดเก็บลงในฐานข้อมูลของบริษัทฯ ทำให้การทำงานของบริษัทฯ ในอนาคตเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพแม่นยำสูงที่สุด โดยในปีนี้เป็นปีแรกที่เริ่มทำโครงการจึงเป็นช่วงที่ทำให้ฟรี แต่ในอนาคตจะเป็นบริการใหม่ของทางบริษัทฯ ที่จะมีการเก็บค่าบริการ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

1. ในปีนี้เป็นปีแรกที่เริ่มทำโครงการ MPS Walkthrough จึงทำให้การทำงานบางส่วนยังไม่เข้าที่ หรือการทำงานบางส่วนยังคงไม่มีประสิทธิภาพ

2. ขาดการชี้แนะจากบุคคลที่มีความชำนาญในงาน เนื่องจากเป็นโครงการใหม่

3. สถานประกอบการยังขาดความเข้าใจในเรื่องการทำสหกิจศึกษา

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาหาตัวอย่างในการทำรายงานเก่า ๆ ของบริษัทฯ แล้วนำมาปรับใช้กับโครงการนี้ หรือตัดการทำงานบางส่วนที่ไม่จำเป็นออกไป

2. ช่วยกันคิดแนวทางในการทำงานกับผู้นิเทศงาน

3. ทางมหาวิทยาลัยควรอธิบายจุดประสงค์ของโครงการสหกิจศึกษาอย่างชัดเจน เพื่อให้ทางสถานประกอบการเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ในการทำโครงการสหกิจศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **ตู้สวิตช์บอร์ดแรงดันต่ำ** เข้าถึงได้จาก:
http://sitem.co.th/language/th/switchboard/

[2] **ออปแอมป์** เข้าถึงได้จาก:
http://www.rmuti.ac.th/user/kittiwut/company_files/measure_pdf/unit_7.pdf

[3] **อุปกรณ์ป้องกันและควบคุมวงจรไฟฟ้า** เข้าถึงได้จาก:
https://mall.factomart.com/circuit-breaker/type-of-circuit-breaker/

[4] **รายละเอียดพื้นฐานต่าง ๆ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์** เข้าถึงได้จาก:
https://www.pmk.co.th/shop/%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8Ccircuit-breaker%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/

[5] **สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลาง** เข้าถึงได้จาก:
http://www.coe.or.th/http_public/download/Articles/EE/EE1.pdf

[6] **หม้อแปลงไฟฟ้า** เข้าถึงได้จาก:
http://www.stable.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539185370&Ntype=17

[7] **เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ** เข้าถึงได้จาก:
http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/ups_knowledge.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้