

การออกแบบระบบสกาดา และสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือด้วย
บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ สำหรับระบบรถไฟ

SCADA DESIGN AND RELIABILITY MODELLING WITH RELIABILITY BLOCK
DIAGRAMS FOR RAILWAY SYSTEM



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2564

KMITL-2021-EN-D-018-035

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCADA DESIGN AND RELIABILITY MODELLING WITH RELIABILITY BLOCK
DIAGRAMS FOR RAILWAY SYSTEM



ALONGKON VIJITANASAN

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

2021

KMITL-2021-EN-D-018-035

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบระบบสกาตา และสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือด้วยบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ สำหรับระบบรถไฟ
นักศึกษา	นายอลงกรณ์ วิจิตรธนสาร
รหัสประจำตัว	57601006
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการออกแบบระบบสกาตา (Supervisory Control and Data Acquisition : SCADA) และสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือด้วยบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ สำหรับระบบรถไฟ โดยเป็นการนำเอา PLC (Programmable logic controller) มาประยุกต์ใช้ทำหน้าที่เป็นหน่วยควบคุมระยะไกล หรือที่เรียกว่า RTU (Remote terminal unit) แทน RTU แบบเดิม ที่มีข้อจำกัดในเรื่องของอินเทอร์เน็ตระหว่างระบบรถไฟต่างๆ และข้อจำกัดด้านการควบคุมทำงานแบบวนรอบ (Loop Control) ซึ่ง RTU ปกติไม่สามารถทำได้ การนำ PLC มาใช้นั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เนื่องจากความสามารถที่หลากหลายในการติดต่อประสานงานระหว่างระบบต่างๆ รวมถึงการบูรณาการระบบรถไฟเข้าด้วยกัน ซึ่งสามารถลดความซ้ำซ้อนของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ได้ หน้าที่หลักของระบบที่นำ PLC มาใช้งานในลักษณะนี้คือ ควบคุม เฝ้าระวัง บันทึกสัญญาณเตือนและเหตุการณ์ จัดเก็บข้อมูล และการจำลองเหตุการณ์ของระบบรถไฟ และระบบย่อยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งก็คือ ระบบสถานีรถไฟ ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้า ได้แก่ สถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน (Traction substation : TSS) สถานีไฟฟ้าบริการ (Service substation : SSS) รวมถึงการทำงานของแหล่งจ่ายไฟแรงดันต่ำ ระบบการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก ลิฟท์และบันไดเลื่อน การรักษาความปลอดภัย การป้องกันอัคคีภัย บั้มและการระบายน้ำ การควบคุมสภาพแวดล้อม และประตูกันขานชานชาลา ระบบที่พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะประกอบด้วยส่วนประกอบด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือด้วยไดอะแกรมบล็อกความน่าเชื่อถือที่ถูกสร้างขึ้นได้ถูกใช้ เพื่อวิเคราะห์ความพร้อมใช้งาน และอัตราความล้มเหลวโดยรวมของระบบที่พัฒนาขึ้นมา ผลลัพธ์ที่ได้คือระบบสกาตาสำหรับระบบรถไฟ ที่มีการบูรณาการระบบต่างๆ เข้าด้วยกันอันมีประสิทธิภาพ และความน่าเชื่อถือโดยรวมของระบบสูงเพียงพอต่อการใช้งานในระบบรถไฟ

Thesis	SCADA Design and reliability modelling with reliability block diagrams for Railway System
Student	Mr. Alongkon Vijittanasan
Student ID.	57601006
Degree	Doctor of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2021
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Vanvisa Chutchavong

ABSTRACT

This thesis proposes the design of SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) system and reliability modeling with reliability block diagrams for railway system by configuring the PLC (Programmable Logic Controller) as an RTU (Remote terminal unit). Replacing the traditional RTU with PLC will remove the limitations of traditional RTU in terms of the railway systems interfaces and loop control capabilities. Using the configured PLC will improve operational efficiency and with its various capabilities in coordinating between different systems, including the railway system integration, will reduce the quantity of computer and equipment used. The responsibilities of the SCADA system using the configured PLC are mainly to control, monitor, record alarm and event, storage data, and simulate the events of railway system and other related subsystems. The related subsystems consist of station system, power supply system which comprises TSS (Traction Substation), SSS (Service Substation) and low voltage distribution, facility management, elevator and escalator, security, fire protection, pumping and drainage, environmental control, and platform screen door. The developed system mentioned in this thesis is composed of hardware and software components in combination with reliability block diagram model to analyze the availability and overall failure rate resulting in and acceptable level of efficiency and overall reliability of the SCADA system that integrated with the other railway subsystems.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันวิสา ชัชวงษ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ชี้แนะ เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ให้ความรู้ และประสบการณ์ที่ดี ตลอดจนให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กนก เจนจิระพงศ์เวช และรองศาสตราจารย์ ดร. ปิติเขต สุรักษา ที่สละเวลาเพื่อให้คำแนะนำตลอดจน ข้อชี้แนะ สนับสนุนในหลายๆ เรื่องอยู่เสมอ รวมถึงให้กำลังใจตลอดหลายปีที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์บุญยชนะ ภูระหงษ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เตือนใจ อาชีวะพนิช ผู้ที่เป็นแรงบันดาลใจ และสนับสนุน ในการกลับมาศึกษาต่อในวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิตนี้

ขอพระขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ผู้ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณในการวิจัยนี้ ขอคุณนายธนวิษัญ อนุวงศ์พินิจ (เหน่ง) และนายสมสิน ทองไกรรัตน์ (โอ) น้องที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือทุกอย่าง ขอคุณ ดร.ไอศูรย์ กาญจนสุรัตน์ (พี) สำหรับคำแนะนำในสมการที่ศึกษา ช่วงแรกถึงแม้จะไม่ได้ใช้ในงานวิทยานิพนธ์นี้เลยก็ตาม ตลอดจนขอบคุณน้อง ๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคนที่กำลังศึกษาอยู่ และจบการศึกษาไปแล้ว

สุดท้ายต้องขอขอบคุณบิดามารดาผู้ให้กำเนิดข้าพเจ้า ขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ สนับสนุน และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา ทำให้ข้าพเจ้าสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

อลงกรณ์ วิจิตรธนสาร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	IV
ABSTRACT.....	V
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VII
สารบัญตาราง.....	XI
สารบัญรูป.....	XII
รายการคำย่อและสัญลักษณ์.....	XX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3. ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4. วิธีการวิจัย.....	4
1.5. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้.....	6
1.6. ส่วนประกอบของการวิจัย.....	6
บทที่ 2 ระบบสาคาและการจัดการสถานีสำหรับระบบขนส่งทางราง.....	7
2.1. บทนำ.....	7
2.2. ระบบสาคาสำหรับศูนย์ควบคุมกลาง.....	8
2.3. หน่วยควบคุมระยะไกล (RTU: Remote Terminal Unit).....	9
2.3.1. ลักษณะโครงสร้างของหน่วยควบคุมระยะไกล.....	10
2.3.2. ทฤษฎีโปรโตคอลที่ใช้สำหรับระบบรถไฟ.....	12
2.3.3. โปรแกรมควบคุมการทำงานของหน่วยควบคุมระยะไกล.....	16
2.4. ระบบจ่ายไฟ และระบบสื่อสารสำหรับระบบขนส่งทางราง.....	17
บทที่ 3 ความน่าเชื่อถือ ความล้มเหลว และความพร้อมใช้ของระบบ.....	22
3.1. บทนำ.....	22
3.2. ทฤษฎีความน่าเชื่อถือ.....	22
3.3. การสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือด้วยแผนภาพบล็อกความน่าเชื่อถือ.....	27
3.3.1. กำหนดเกณฑ์ความล้มเหลวและความสำเร็จ(Define Failure and Success criteria).	28
3.3.2. การแบ่งระบบออกเป็นบล็อกอิสระ.....	29

3.3.3. แผนภาพตรรกะการเชื่อมต่อ	30
3.3.4. ตรวจสอบโมเดลเพื่อให้แน่ใจว่าเส้นทางมีความสำเร็จ.....	33
3.3.5. การหาจำนวนแบบจำลอง	33
3.3.6. สรุปผลความน่าเชื่อถือ	34
3.4. การประเมินผลแบบจำลอง	34
3.4.1. การกำหนดค่าอนุกรม (Series Configuration).....	34
3.4.2. การกำหนดค่าขนาน (Parallel Configuration).....	34
3.4.3. การกำหนดค่า m out of n (m out of n Configuration).....	36
3.4.4. โมเดลที่ซับซ้อน (Complex Models).....	36
3.4.5. อัตราความล้มเหลวของระบบที่มีความซับซ้อน	38
3.5. การแปลความน่าเชื่อถือเป็นอัตราความล้มเหลวหรือ MTBF.....	39
3.6. การแปลงไปสู่ความพร้อมของระบบ.....	39
บทที่ 4 การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ	41
4.1. บทนำ	41
4.2. หลังการทำงานของระบบ.....	41
4.3. การออกแบบกราฟิกสถานี.....	41
4.4. การออกแบบโปรแกรมควบคุมภายในสถานี.....	43
4.4.1. ฟังก์ชันการทำงานของระบบ	44
4.4.2. การออกแบบฮาร์ดแวร์ และชุดอุปกรณ์หน่วยควบคุมระยะไกล.....	45
4.4.3. การออกแบบตู้อุปกรณ์ (Rack).....	51
4.5. การออกแบบส่วนแสดงผล และการทำงานของโปรแกรมระบบต่าง ๆ.....	52
4.5.1. ระบบควบคุมการจ่ายไฟ (Power Supply)	52
4.5.2. ระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานี (Low Voltage).....	54
4.5.3. ระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า (Generator).....	60
4.5.4. ระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Uninterruptible Power Supply, UPS).....	63
4.5.5. ระบบแสงสว่าง (Lighting System).....	69
4.5.6. ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System).....	71
4.5.7. ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน (Lift & Escalator)	74
4.5.8. ระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย (Fire Protection & Detection System)	81
4.5.9. ระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้ง (Pump & Drainage).....	86

4.5.10. ระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม (Environment Control System).....	89
4.5.11. ระบบประตูกันขานชาลา (Platform Screen Doors System)	91
4.6. การออกแบบโปรแกรมการเก็บประวัติการแจ้งเตือนการทำงาน (Alarm-Logbook).....	93
4.7. การออกแบบห้องปฏิบัติการ	94
บทที่ 5 ผลการทดสอบ.....	96
5.1. บทนำ	96
5.2. การทดสอบในส่วนของโปรแกรม	96
5.2.1. การทดสอบระบบควบคุมการจ่ายไฟ (Power Supply).....	97
5.2.2. การทดสอบระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานี (Low Voltage System).....	105
5.2.3. การทดสอบระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า (Generator).....	115
5.2.4. การทดสอบระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Uninterruptible Power Supply).....	120
5.2.5. การทดสอบระบบแสงสว่าง (Lighting System).....	130
5.2.6. การทดสอบระบบรักษาความปลอดภัย (Security System).....	135
5.2.7. การทดสอบระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน (Lift & Escalator).....	138
5.2.8. การทดสอบระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย (Fire Protection & Detection System).....	142
5.2.9. การทดสอบระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้ง (Pump & Drainage).....	149
5.2.10. การทดสอบระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม (Environment Control System)	152
5.2.11. การทดสอบระบบประตูกันขานชาลา (Platform Screen Door System).....	157
5.2.12. ระบบตรวจสอบการเชื่อมต่อ และตั้งค่า (System Configuration).....	162
5.2.13. การเชื่อมต่ออุปกรณ์จริง และการทำงาน	164
5.3. การสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือและการวิเคราะห์ระบบ	165
5.3.1. เกณฑ์ความล้มเหลว และความสำเร็จ	165
5.3.2. รายการชิ้นส่วนอุปกรณ์ และค่าความน่าเชื่อถือ.....	165
5.3.3. ค่าความน่าเชื่อถือ ของบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือย่อย.....	166
5.3.4. ผลการทดสอบ บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือของระบบสกาตา.....	172
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	180
6.1. สรุป	182
6.2. อุปสรรคและการแก้ไข	182
6.3. ข้อเสนอแนะ	182
เอกสารอ้างอิง.....	183

ภาคผนวก	186
ภาคผนวก ก	187
บทความที่ได้รับการตีพิมพ์	188
ประวัติผู้เขียน	189



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ^X ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 สมการพื้นฐานสำหรับประเมินความน่าเชื่อถือ	26
3.2 แสดงตารางความจริงบูลีนของแผนภาพ 2 out of 3	37
4.1 แสดงจำนวนอินพุตและเอาต์พุตทั้งหมดของระบบ	45
4.2 แสดงรายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบ	45
5.1 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับตัวรถไฟ	98
5.2 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบระบบจ่ายไฟแรงดันต่ำ	106
5.3 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประจำสถานี	116
5.4 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบระบบสำรองไฟฟ้า	121
5.5 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบแสงสว่างในสถานี	131
5.6 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบรักษาความปลอดภัย	136
5.7 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน	138
5.8 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบป้องกันอัคคีภัย	144
5.9 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้ง	150
5.10 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม	153
5.11 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบประตูกันขานซาลา (PSD)	157
5.12 รายละเอียดข้อมูลของแต่ละอุปกรณ์	166
5.13 การวิเคราะห์การทำงานของหน่วยควบคุมระยะไกล	167
5.14 อัตราความล้มเหลวของหน่วยควบคุมระยะไกล	168
5.15 การวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ Remote IO	168
5.16 อัตราความล้มเหลวของอุปกรณ์ Remote IO	170
5.17 การวิเคราะห์การทำงานของสกายดาเซิร์ฟเวอร์	170
5.18 อัตราความล้มเหลวของสกายดาเซิร์ฟเวอร์	171
5.19 การวิเคราะห์การทำงานของสกายดาเวิร์กสเตชัน และอุปกรณ์ย่อย	171
5.20 อัตราความล้มเหลวของเวิร์กสเตชัน และอุปกรณ์ย่อย	171
6.1 สรุปอัตราความล้มเหลว และความพร้อมใช้งานของระบบแต่ละโมเดล	181

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินการแบบโมเดลวี (V-Model).....	5
2.1 แสดงภาพรวม และขั้นตอนของระบบสกาดา	7
2.2 ตัวอย่างสถาปัตยกรรมของระบบสกาดาที่ศูนย์ซ่อมบำรุง.....	9
2.3 ตัวอย่างของหน่วยควบคุมระยะไกล และการอินเตอร์เฟส	10
2.4 การติดต่อสื่อสารแบบ Master-Slave	12
2.5 ตัวอย่างการใช้โปรโตคอล Modbus.....	13
2.6 ระดับการสื่อสารของระบบอุตสาหกรรมตามมาตรฐาน Profibus.....	14
2.7 รูปแบบมาตรฐาน ASDU สำหรับ IEC101/104.....	16
2.8 ตัวอย่างระบบโทรทัศนังจรปิด	20
2.9 ตัวอย่างระบบควบคุมการเข้าออกพื้นที่	21
3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการพัฒนา.....	28
3.2 แผนภาพความน่าเชื่อถือแบบอนุกรม	30
3.3 แผนภาพความน่าเชื่อถือแบบอนุกรม-ขนาน (Duplicated/Parallel-Series).....	31
3.4 แผนภาพความน่าเชื่อถือแบบขนาน-อนุกรม (Series- Duplicated/Parallel).....	31
3.5 แผนภาพความน่าเชื่อถือแบบผสม (Mixed Redundancy).....	31
3.6 แผนภาพความน่าเชื่อถือแบบผสมชนิดอื่น (Another type of mixed Redundancy).....	32
3.7 แผนภาพความน่าเชื่อถือซ้ำซ้อน m out of n.....	32
3.8 แผนภาพความน่าเชื่อถือซ้ำซ้อน 2 out of 3 และ 2 out of 4.....	32
3.9 แผนภาพความน่าเชื่อถือชนิดซับซ้อน	33
3.10 แผนภาพแบบอนุกรมของอุปกรณ์จำนวน n.....	34
3.11 แผนภาพแบบขนานของอุปกรณ์จำนวน n	35
3.12 แผนภาพแบบ m out of n	36
3.13 แผนภาพแบบ 2 out of 3.....	37
4.1 ภาพรวมหลักการทำงานของระบบการจัดการสถานีรถไฟ	41
4.2 ภาพรวมหลักการทำงานของระบบการจจัดการสถานีรถไฟ	42
4.3 ตัวอย่างห้องควบคุมระบบรถไฟฟ้า.....	43
4.4 ฟังก์ชันการทำงานของระบบ	45

4.5	แผนผังชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกกระยะไกลติดตั้งบน Open Rack 19 นิ้ว.....	51
4.6	ชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกกระยะไกล (RTU).....	51
4.7	ชุดอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตสำหรับควบคุมกระยะไกล (Remote IO) สำหรับ PN.....	52
4.8	ชุดอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตสำหรับควบคุมกระยะไกล (Remote IO) สำหรับ DP.....	52
4.9	กราฟิกแสดงวงจรจ่ายไฟให้กับรถไฟ.....	53
4.10	การทำงานของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รถไฟ.....	53
4.11	ภาษาแลตเตอร์ของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ.....	54
4.12	ภาษาบล็อกของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ.....	54
4.13	วงจรจ่ายไฟให้กับสถานีรถไฟ.....	55
4.14	ผังงานการทำงานของแผงจ่ายไฟใหญ่ (Main Distribution board, MDB).....	55
4.15	ผังงานการทำงานของวงจรตัดไฟย่อย (Molded Case Circuit Breaker, MCCB).....	56
4.16	ภาษาแลตเตอร์ของระบบ MDB1 และ MDB2.....	57
4.17	ภาษาแลตเตอร์ของวงจร TIE.....	57
4.18	ภาษาแลตเตอร์การส่งค่าของ MCB ไปยัง MCCB.....	58
4.19	ภาษาแลตเตอร์ของระบบ MCCB, MCCB2 และ MCCB12.....	58
4.20	ภาษาบล็อกของระบบควบคุมภายในสถานีรถไฟ.....	59
4.21	ภาษาบล็อกของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานีรถไฟ.....	60
4.22	วงจรของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า.....	60
4.23	ผังงานการทำงานของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า.....	61
4.24	ภาษาแลตเตอร์ของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า.....	62
4.25	ภาษาบล็อกของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า.....	62
4.26	วงจรแหล่งจ่ายไฟสำรอง.....	63
4.27	ผังงานการทำงานของ Main Circuit Breaker (MCB).....	63
4.28	ผังงานการทำงานของ UPS Outgoing.....	64
4.29	ภาษาแลตเตอร์ระบบ MCB ของ UPS A และ UPS B.....	65
4.30	ภาษาแลตเตอร์ Group Alarm ของ UPS A และ UPS B.....	65
4.31	ภาษาแลตเตอร์ UPS A และ UPS B ทำงานบนแบตเตอรี่.....	66
4.32	ภาษาแลตเตอร์การผ่านสัญญาณของ UPS A และ UPS B.....	66
4.33	ภาษาแลตเตอร์ Outgoing UPS A และ Outgoing UPS B.....	67
4.34	ภาษาแลตเตอร์แสดงเหตุการณ์จำลองแบตเตอรี่ของ UPS ต่ำ.....	67

4.35 ภาษาแลตเตอ์การผ่านสัญญาณของระบบ.....	67
4.36 ภาษาบล็อกของระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง.....	68
4.37 จอแสดงผลของระบบแสงสว่าง.....	69
4.38 ผังงานการทำงานของระบบแสงสว่าง.....	70
4.39 ภาษาแลตเตอ์ระบบแสงสว่าง.....	71
4.40 ภาษาบล็อกระบบแสงสว่าง.....	71
4.41 ส่วนแสดงผลของระบบรักษาความปลอดภัย.....	72
4.42 ผังงานการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย.....	72
4.43 ภาษาแลตเตอ์ระบบกล้องวงจรปิด.....	73
4.44 ภาษาแลตเตอ์ของระบบควบคุมการเข้าถึง.....	73
4.45 ภาษาบล็อกระบบรักษาความปลอดภัย.....	74
4.46 ส่วนแสดงผลการทำงานของระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน.....	74
4.47 ผังงานการทำงานของลิฟต์.....	75
4.48 ผังงานการทำงานของบันไดเลื่อน.....	76
4.49 ตัวอย่างภาษาแลตเตอ์ของระบบลิฟต์.....	76
4.50 ภาษาบล็อกของลิฟต์ทุกตัว.....	77
4.51 ภาษาแลตเตอ์ของบันไดเลื่อน.....	78
4.52 ภาษาบล็อกของบันไดเลื่อนทุกตัว.....	79
4.53 หน้าโปรแกรมของระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย.....	81
4.54 ผังงานการทำงานของเครื่องแจ้งเตือนอัคคีภัย.....	82
4.55 ผังงานการทำงานของ FM200.....	83
4.56 ภาษาแลตเตอ์ของการแจ้งเตือนไฟไหม้.....	84
4.57 ตัวอย่างภาษาแลตเตอ์ของ FM200 1 ห้อง.....	84
4.58 ภาษาบล็อกของระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย.....	85
4.59 หน้าแสดงผลการทำงานของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง.....	87
4.60 ผังงานการทำงานของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง.....	87
4.61 ภาษาแลตเตอ์ของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง.....	88
4.62 ภาษาบล็อกของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง.....	88
4.63 ส่วนแสดงผลของระบบควบคุมสภาพแวดล้อม.....	89
4.64 ผังงานการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อม.....	89

4.65 ตัวอย่างภาษาแลตเตอร์ของเครื่องปรับอากาศและเครื่องวัดอุณหภูมิในห้อง 1 ห้อง	90
4.66 ภาษาบล็อกรของระบบควบคุมสภาพแวดล้อม	90
4.67 ส่วนแสดงผลของระบบประตูกันขานชาลา	91
4.68 ตัวอย่างภาษาของระบบประตูกันขานชาลา.....	92
4.69 ตัวอย่างภาษาบล็อกรของประตูกันขานชาลาฝั่งตะวันออก	93
4.70 ตารางบันทึกการแจ้งเตือนจากระบบย่อยต่างๆ	94
4.71 ตารางบันทึกเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด	94
4.72 แผนผังการเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์ภายในห้องปฏิบัติการวิจัย	95
4.73 ภาพถ่ายสถานีบางบำหรุ ที่ใช้เป็นต้นแบบ.....	95
5.1 หน้าหลักของโปรแกรม และแสดงหน้าเมื่อต้องการล็อกอิน.....	97
5.2 หน้าต่างของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ.....	98
5.3 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q3.....	100
5.4 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q3	100
5.5 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q5.....	101
5.6 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q5	101
5.7 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q4.....	102
5.8 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q4	102
5.9 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q6.....	103
5.10 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q6	103
5.11 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q2	104
5.12 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q2	104
5.13 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q1	105
5.14 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q1	105
5.15 หน้าต่างของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานี.....	106
5.16 เมื่อสั่งเปิดสวิตช์ MDB1	108
5.17 เมื่อสั่งปิดสวิตช์ MDB1.....	108
5.18 เมื่อสวิตช์ MDB1 เป็นสถานะ Remote	109
5.19 เมื่อสวิตช์ MDB1 เป็น Trip State	109
5.20 เมื่อสั่งเปิดสวิตช์ MDB2	110
5.21 เมื่อสั่งปิดสวิตช์ MDB2.....	110

5.22	เมื่อสวิตช์ MDB2 เป็นสถานะ Remote	111
5.23	เมื่อสั่งสวิตช์ MDB2 เป็น Trip State	111
5.24	เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB1 เปิด	112
5.25	เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB1 ปิด	112
5.26	เมื่อสวิตช์ MCCB1 ให้เป็นสถานะ Remote	113
5.27	เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB10 เปิด	113
5.28	เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB10 ปิด	114
5.29	เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB10 เป็นโหมด Remote	114
5.30	เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB3 เปิด	115
5.31	เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB3 ปิด	115
5.32	วงจรการทำงานของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า	116
5.33	วงจรการทำงานของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า เป็นสีเขียวคือเริ่มทำงาน	117
5.34	การแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำมันลดต่ำ (Low Fuel Alarm)	117
5.35	ATS อยู่ในสถานะปกติ Normal	118
5.36	ATS อยู่ในสถานะจ่ายกระแสไฟฟ้าจาก Generator	118
5.37	MCCB9 มีสถานะสวิตช์เปิด	119
5.38	MCCB9 มีสถานะสวิตช์ปิด	119
5.39	MCCB9 มีสถานะ Trip State	120
5.40	โปรแกรมแสดงหน้าหลักของระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง	120
5.41	UPS A Main Circuit Breaker มีสถานะสวิตช์เปิด	123
5.42	UPS A Outgoing Disconnecter Switch มีสถานะสวิตช์เปิด	123
5.43	UPS A มีความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟ (Group Alarm)	124
5.44	UPS A กรณีแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟใกล้หมด (Battery Low)	124
5.45	UPS A กรณีใช้งานจากแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟ (Load on Battery)	125
5.46	UPS A กรณีมีสถานะสวิตช์ Bypass	125
5.47	UPS B Main Circuit Breaker มีสถานะสวิตช์เปิด	126
5.48	UPS B Outgoing Disconnecter Switch มีสถานะสวิตช์เปิด	126
5.49	UPS B มีความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟ (Group Alarm)	127
5.50	UPS B กรณีแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟใกล้หมด (Battery Low)	127
5.51	UPS B กรณีใช้งานจากแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟ (Load on Battery)	128

5.52 UPS B กรณีมีสถานะสวิตช์ Bypass	128
5.53 UPS B กรณีมีสถานะสวิตช์ Bypass	129
5.54 UPS B กรณีมีสถานะ Auxiliary Mode.....	129
5.55 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่าง.....	131
5.56 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โชน S1	132
5.57 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โชน S2	132
5.58 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โชน S3	133
5.59 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โชน U1.....	133
5.60 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โชน U2.....	134
5.61 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โชน P1	134
5.62 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โชน P2	135
5.63 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โชน P3	135
5.64 การแสดงผลการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย	136
5.65 การแสดงผลการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย เมื่อกล้องวงจรปิดชำรุด	137
5.66 การแสดงผลการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย เมื่อ CASS ชำรุด	137
5.67 ส่วนบันทึกการแจ้งเตือนของอุปกรณ์ เมื่อมีการชำรุด	137
5.68 การแสดงผลการทำงานของระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน.....	138
5.69 การแสดงผลการทำงานของระบบลิฟต์เมื่อเกิดเหตุขัดข้อง	139
5.70 การแสดงผลการทำงานของระบบลิฟต์เมื่อทำงานปกติ.....	140
5.71 การแสดงผลการกดปุ่ม Emergency Button โดยผู้โดยสาร	140
5.72 ส่วนการแจ้งเตือนฉุกเฉินการทำงานของระบบลิฟต์.....	140
5.73 การแสดงการทำงานของระบบบันไดเลื่อนเมื่อเกิดเหตุขัดข้องเตือนเป็น Group Alarm.....	141
5.74 การแสดงการทำงานของระบบบันไดเลื่อน เมื่อทำงานปกติและมีสถานะขึ้น.....	141
5.75 การแสดงการทำงานของระบบบันไดเลื่อน เมื่อทำงานปกติและมีสถานะลง	142
5.76 การแสดงการทำงานของระบบบันไดเลื่อนเมื่อมีผู้โดยสารกดปุ่ม Emergency Button.....	142
5.77 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุ Alarm ต่าง ๆ	142
5.78 หน้าโปรแกรมการทำงานของระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย	144
5.79 ส่วนการแสดงผลการทำงานของระบบแจ้งเตือนไฟไหม้โซนชานชาลา 1	145
5.80 ส่วนการแสดงผลการทำงานของระบบแจ้งเตือนไฟไหม้โซนชานชาลา 2	145
5.81 ส่วนการแสดงผลการทำงานของระบบแจ้งเตือนไฟไหม้โซนชานชาลา 3.....	146

5.82 ส่วนการแสดงผลการทำงานของการแจ้งเตือนไฟไหม้โซนห้องอุปกรณ์ และจำหน่ายตัว	146
5.83 ส่วนบันทึกการแจ้งเตือนฉุกเฉินของการแจ้งเตือนไฟไหม้โซนชานชาลา	146
5.84 แสดงสถานะแผงจ่ายไฟให้ FM200 ภายในห้องควบคุมเกิดข้อผิดพลาด.....	147
5.85 แสดงสถานะ FM200 ภายในห้องควบคุมเกิดการทำงานในขั้นแรก	147
5.86 แสดงสถานะ FM200 ภายในห้องควบคุมเกิดข้อผิดพลาด หรือชำรุด	148
5.87 แสดงสถานะแผงจ่ายไฟให้ FM200 ภายในห้องสื่อสารเกิดข้อผิดพลาด	148
5.88 แสดงสถานะ FM200 ภายในห้องสื่อสารเกิดการทำงานในขั้นแรก	149
5.89 แสดงสถานะ FM200 ภายในห้องสื่อสารเกิดข้อผิดพลาด หรือชำรุด	149
5.90 ส่วนบันทึกการแจ้งเตือนฉุกเฉินของ FM200 ที่เกิดความผิดปกติ	149
5.91 แสดงผลการทำงานของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง	150
5.92 การแสดงผลการทำงานของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้งทำงาน	151
5.93 การแสดงผลการทำงานของระบบปั้มน้ำชำรุด หรือมีปัญหา	151
5.94 การแสดงผลการทำงานของระบบปั้มน้ำ และน้ำทิ้งมีระดับน้ำในแทงค์น้ำเต็ม	152
5.95 ส่วนบันทึกการแจ้งเตือนฉุกเฉินของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้งทำงาน	152
5.96 หน้าหลักโปรแกรมของระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม	153
5.97 การแสดงผลการทำงานของห้องควบคุมที่มีระบบปรับอากาศชำรุด	154
5.98 การแสดงผลการทำงานของห้องควบคุมที่มีอุณหภูมิสูงเกิน	154
5.99 การแสดงผลการทำงานของห้องสื่อสารที่มีระบบปรับอากาศชำรุด	155
5.100 การแสดงผลการทำงานของห้องสื่อสารที่มีอุณหภูมิสูงเกิน	155
5.101 การแสดงผลการทำงานของห้องกำเนิดไฟฟ้าที่มีระบบปรับอากาศชำรุด	156
5.102 การแสดงผลการทำงานของห้องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอุณหภูมิสูงเกิน	156
5.103 ส่วนบันทึกการแจ้งเตือนฉุกเฉินของห้องควบคุมที่มีอุณหภูมิสูงเกิน	156
5.104 ส่วนแสดงผลการทำงานของระบบประตูกันชานชาลา	157
5.105 ส่วนแสดงผลการทำงานของระบบประตูกันชานชาลา	158
5.106 ส่วนแสดงผลการทำงานของระบบประตูกันชานชาลามีสถานะ Interlocked Override.....	159
5.107 การทำงานของระบบประตูกันชานชาลามีระบบจ่ายไฟล้มเหลว (Power Failure).....	159
5.108 ระบบประตูกันชานชาลาปิด และล๊อคเรียบริ้อย	160
5.109 ระบบประตูกันชานชาลาปิดมีสถานะ Isolated	160
5.110 ระบบประตูกันชานชาลามีการขัดข้อง	161
5.111 ระบบประตูกันชานชาลามีสถานะเปิด	161

5.112 ส่วนบันทึกการทำงาน เมื่อประตูกั้นขานซาลาทั้งสองฝั่งทำงานผิดปกติ	161
5.113 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในสถานะใช้งานปกติ.....	162
5.114 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์กับ Remote IO ส่วน Profibus DP ผิดปกติ.....	163
5.115 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์กับ Remote IO ส่วน Profinet ผิดปกติ.....	163
5.116 ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ชุดควบคุมระยะไกล.....	164
5.117 ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ กับอินเทอร์เฟซผู้ใช้งาน	165
5.118 ภาพแสดง RBD ของหน่วยควบคุมระยะไกล	167
5.119 ภาพแสดง RBD ของอุปกรณ์ Remote IO.....	169
5.120 ภาพแสดงสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 1	172
5.121 ภาพแสดง RBD ของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 1	173
5.122 ภาพแสดงสรุปความพร้อมใช้งานของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 1	173
5.123 ภาพแสดงสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 2	174
5.124 ภาพแสดง RBD ของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 2	174
5.125 ภาพแสดงสรุปความพร้อมใช้งานของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 2.....	175
5.126 ภาพแสดงสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 3	176
5.127 ภาพแสดง RBD ของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 3	176
5.128 ภาพแสดงสรุปความพร้อมใช้งานของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 3.....	177
5.129 ภาพแสดงสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 4	178
5.130 ภาพแสดง RBD ของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 4	178
5.131 ภาพแสดงสรุปความพร้อมใช้งานของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 3.....	179
6.1 ภาพแสดงสรุปความพร้อมใช้งานของแต่ละสถาปัตยกรรม.....	181
6.2 ภาพแสดงสรุปความล้มเหลวของแต่ละสถาปัตยกรรม	182

รายการคำย่อและสัญลักษณ์

Administrator Server	ADM
Automatic Fare Collection	AFC
Analogue Indication / Analogue Input	AI
American Standard Code for Information Interchange	ASCII
Application Service Data Unit	ASDU
Automatic Transfer Switch	ATS
Broad Band Radio System	BBRS
Building Management System	BMS
Building Services	BS
Bulk Sub-Station	BSS
Backbone Transmission Network	BTN
Control Access Security System	CASS
Close Circuit Television	CCTV
Communication Module	CM
Computerized Maintenance Management System	CMMS
Communication Server	COM
Central Processing Unit	CPU
Counter Value	CV
Data Acquisition System	DAS
Database Administration System	DBA
Distributed Digital Control	DDC
Double Pole Input / Digital Input / Digital Indication	DI
Digital Output	DO
Digital Radio System	DRS
Dispatcher Trainings System	DTS
Energy Management System	EMS
Emergency Trip Switch	ETS
Emergency Walkway Door	EWD

Factory Acceptance Test	FAT
Failure Per Million Hour	FPMH
Graphical User Interface	GUI
Hardware	H/W
Human Machine Interface	HMI
International Electrotechnical Commission	IEC
Interface Module	IM
Isolator	IS
Input/Output	IO
Intervention Shaft	IVS
Keyboard Video Mouse	KVM
Local Area Network	LAN
Load Breaker	LB
Linear Heat Detection	LHD
Low Voltage Power Distribution	LVPD
Miniature Circuit Breaker	MCB
Master Clock System	MCS
Maintenance Management Centre	MMC
Man-Machine Interface	MMI
Media Redundancy Protocol	MRP
Measured Value	MV
Main Workshop Building	MWB
Main Workshop	MWS
Operation Control Centre	OCC
Open Transport Network	OTN
Public Address System	PA
Private Automatic Branch Exchange	PABX
Process Control	PC
Programming Device	PG
Passenger Information Display System	PIDS

Programmable Logic Controller	PLC
Power Supply	PSY
Platform Screen Door	PSD
Power System Simulation	PSS
Playback and Training Room	PTR
Reliability Block Diagram	RBD
Remote Control Interface	RCI
Remote Terminal Unit	RTU
Software	S/W
Standby	SB
Short Circuit Indicator	SC
Supervisory Control And Data Acquisition	SCADA
Single Pole Input	SI
Safety Integrity Level	SIL
Spare Computer Server	SPARE
Service Substation	SSS
Station Management System	SMS
Tele-control Interface	TCI
Telecommunication	TEL
Traction Substation	TSS
Tunnel Ventilation System	TVS
Universal Current (AC and DC possible)	UC
Uninterruptable Power Supply	UPS

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นับตั้งแต่เปิดให้บริการรถไฟฟ้าบีทีเอส ครั้งแรก เมื่อวันที่ 5 ธันวาคม 2542 เป็นรถไฟฟ้าสายแรกของประเทศไทย ดำเนินการบริหารงานโดย บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) เป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาระบบขนส่งทางรางในเมืองของกรุงเทพมหานคร และประเทศไทย ต่อมามีการตั้งสำนักนโยบายขนส่งและจราจร รวมถึงการกำเนิดขึ้นของรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนทั้ง บริษัทรถไฟฟ้ากรุงเทพ หรือปัจจุบันคือบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) และการก่อตั้งบริษัทรถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. หรือรถไฟฟ้าแอร์พอร์ตเรลลิงค์ ทำให้ประชาชนและสังคมได้มีโอกาสสัมผัสเทคโนโลยีการขนส่งทางรางที่ทันสมัยและหลากหลายกว้างขวางยิ่งขึ้น ซึ่งมีทั้งระบบรถไฟฟ้าเมโทรที่วิ่งเฉพาะในเขตเมืองด้วยระยะทางอันจำกัดอย่างบริการรถไฟฟ้าของบีทีเอสหรือเอ็มอาร์ที ที่ใช้ระบบจ่ายไฟฟ้าแบบรางที่ 3 และรถไฟฟ้าที่ใช้ระบบจ่ายไฟฟ้าแบบสายส่งเหนือหัว เช่นรถไฟฟ้าแอร์พอร์ตเรลลิงค์ซึ่งเป็นรถไฟฟ้าให้บริการวิ่งจากเขตเมืองสู่สนามบินสุวรรณภูมิ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ชานเมืองที่ไกลออกไป รวมถึงโครงการรถไฟฟ้าที่กำลังเกิดขึ้นในอนาคตที่จะมีสถานีรถไฟต่างๆเกิดขึ้นมากมาย ซึ่งสถานีของรถไฟฟ้างานี้ก็มีความทันสมัยตามไปด้วย การขยายตัวของบริการการขนส่งทางรางที่ทันสมัยในระยะหลังเป็นเวลา 20 กว่าปีมานี้ ทำให้เกิดการขยายตัวของความต้องการในการพัฒนาเทคนิคการออกแบบ ก่อสร้าง การดำเนินการ การซ่อมบำรุง ของระบบต่างๆ เพื่อพัฒนาการระบบขนส่งทางรางให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการเดินรถ และสามารถวางแผนและดำเนินการให้การใช้งานทรัพยากรระบบรางที่มีอยู่เป็นไปในทางที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด.

ในปัจจุบันการพัฒนาระบบขนส่งทางรางในประเทศไทยเป็นประเด็นที่กำลังได้รับความสนใจจากทั้งภาครัฐและภาคเอกชน เพราะระบบขนส่งทางรางนั้นเป็นระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมที่สำคัญสำหรับการพัฒนาประเทศ ในทุกๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และสังคม ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลให้เกิดการกระจายความเจริญ และความมั่นคง การขนส่งสินค้า และขนส่งภาคประชาชนไปยังชุมชนที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล รัฐบาลไทยได้วางแผนและลงทุนในโครงการรถไฟหลายโครงการ หัวข้อหลักอย่างหนึ่งในการพัฒนา คือระบบสกาดา (SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition) [1-3] และรวมถึงระบบการจัดการสถานีรถไฟฟ้ ้า เนื่องจากสถานีรถไฟสมัยใหม่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมเป็นพื้นฐาน เพื่อการทำงานที่สะดวกและรวดเร็ว เพื่อการควบคุม กำกับดูแล และการได้มาซึ่งข้อมูล หรือบันทึกข้อมูล สำหรับการจัดการระบบรถไฟฟ้า และสถานี อย่างไรก็ตามที่ผ่านมาระบบต่างๆ เหล่านี้จะเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระต่อกัน หรือมีเพียงบางส่วน ทำหน้าที่เชื่อมต่อ แสดงผลบางอย่าง มีการรับ-ส่ง ข้อมูลระหว่างกันเท่านั้น เช่น มีแผงควบคุมแสดงการดำเนินงานของระบบป้องกันและแจ้งเตือนอัคคีภัย แผงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปั้มน้ำ ที่แยกการรับผิดชอบดูแล ออกเป็นแต่ละระบบๆ เป็นส่วนๆ เป็นต้น

การจำลองระบบสภาคากานำเสนอใน [4] ซึ่งใช้ซอฟต์แวร์สภาคาแบบโอเพนซอร์ส ในการพัฒนา อย่างไรก็ตามระบบรถไฟไม่สามารถใช้ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สได้ เนื่องจากไม่มีมาตรฐานอุตสาหกรรม และมีความไม่น่าเชื่อถือของระบบโดยรวม ไม่ใกล้เคียงกับระบบจริง มีการนำเสนอการศึกษาอื่นเกี่ยวกับระบบสภาคาใน [5] อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้อธิบายถึงสภาคาในระบบไฟฟ้า และการควบคุมพลังงาน แต่ไม่รวมจัดการระบบขนส่งทางราง สถานีรถไฟที่มีระบบจัดการอาคารและระบบไฟฟ้า มีการนำเสนองานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับระบบรถไฟ [6-9] แต่ไม่ได้มุ่งเน้นไปที่ระบบจัดการสถานีแบบบูรณาการ ผู้วิจัยใน [10] เสนอการจำลองการบริหารสถานีรถไฟด้วยโมเดลรถไฟ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นฮาร์ดแวร์ควบคุมหลักของระบบจำลอง และซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส มีการนำเสนอการฝึกจำลองรถไฟใน [11] อย่างไรก็ตามระบบนี้มุ่งเน้นไปที่ระบบส่งสัญญาณและระบบเชื่อมต่อทางรถไฟที่ไม่มีการจัดการสถานีรถไฟ ผลงานก่อนหน้านี้ได้สร้างแพลตฟอร์มการฝึกอบรมสภาคา [12-14] ที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานี้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอระบบจำลองวางแผนการให้บริการ และฝึกอบรมในงานก่อนหน้า [15] [16] ที่สามารถตอบสนองการพัฒนาแพลตฟอร์มการฝึกอบรมที่ครอบคลุมสำหรับการดำเนินการและการควบคุมระบบอัตโนมัติสัญญาณรถไฟ สำหรับรถไฟความเร็วสูง ในประเทศไทย อย่างไรก็ตามโครงการนี้มุ่งเน้นไปที่การดำเนินการและการควบคุมรถไฟเท่านั้นและไม่รวมถึงบูรณาการระบบจัดการสถานี หรือระบบอื่นๆ นอกเหนือจากระบบอัตโนมัติสัญญาณรถไฟ

เพื่อเป็นการปรับปรุง และบูรณาการ (Integration Railway System) ระบบต่างๆ ให้สามารถทำการติดตาม และการควบคุม (Monitoring and Control) ระบบต่างๆ ภายในระบบไฟฟ้า สถานี ระบบจ่ายไฟ ให้ครอบคลุมทั้งหมด งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนา ระบบสภาคา การสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือ ด้วยบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ สำหรับการบริหารระบบรถไฟ รวมถึงการจัดการสถานี โดยใช้แนวคิดของสภาคาเป็นพื้นฐานโครงการสำหรับแพลตฟอร์ม (Platform) นี้มีชื่อว่า “การพัฒนาการบริหารจัดการสถานีรถไฟในประเทศไทย” และได้รับทุนและการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) รวมถึงใช้เป็นเครื่องมือการฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบรถไฟให้กับ วิศวกรผู้ควบคุม ผู้ปฏิบัติงานสถานี และส่งมอบให้กับ ศูนย์ฝึกอบรมการรถไฟแห่งประเทศไทย และโรงเรียน วิศวกรรมรถไฟ เพื่อใช้งานต่อไป

ระบบนี้มีฟังก์ชันสำหรับการควบคุมการตรวจสอบสัญญาณเตือน และการรับข้อมูลของระบบโดยรวม การบริหารสถานีรถไฟ รวมถึงแหล่งจ่ายไฟแรงดันต่ำ ลิฟท์และบันไดเลื่อน การรักษาความปลอดภัยการป้องกันอัคคีภัย ปัมและการระบายน้ำ การควบคุมสภาพแวดล้อม และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบประตูกั้นขานชาลา ผู้วิจัยได้พัฒนาส่วนประกอบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ อินเทอร์เน็ต หน้าจอแสดงผลติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ภาพสัญลักษณ์ (GUI) เป็นองค์ประกอบหลักของซอฟต์แวร์ในการสื่อสารกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ การออกแบบอินเทอร์เน็ตเฟสฮาร์ดแวร์ แบ่งออกเป็นชั้นวางแบบเปิดสองชั้น ซึ่งรวมถึงหน่วยประมวลผลระยะไกลและหน่วยอินพุต เอาต์พุตระยะไกล ซึ่งสื่อสารกับโปรโตคอลและการออกแบบอุตสาหกรรมแบบใช้สาย ตรงตามงบประมาณค่าใช้จ่ายสำหรับรายการอินพุต เอาต์พุตของแต่ละโมดูลในสถานี และฐานข้อมูลประกอบด้วยการพัฒนาซอฟต์แวร์หลัก ระบบสามารถสื่อสารไปยังฮาร์ดแวร์เพื่อควบคุมและตรวจสอบสถานะของระบบภายในสถานีเหล่านี้ ผลการนำไปใช้แสดงระบบจำลองที่ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและควบคุมระบบย่อยผ่านจอแสดงผล ที่ทำงานโดยตรงกับส่วนประกอบฮาร์ดแวร์

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1. พัฒนาชุดปฏิบัติการจัดการระบบสกาดา และสถานีรถไฟ เพื่อเป็นต้นแบบระบบที่มีการบูรณาการระบบต่างๆ และใช้สำหรับการฝึกอบรม ให้กับศูนย์ฝึกอบรมการรถไฟแห่งประเทศไทย และโรงเรียนวิศวกรรมรถไฟ

1.2.2. ออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบจำลองการติดตาม และการควบคุมรถไฟ และสถานีรถไฟ ให้มีความเสมือนจริงกับระบบที่ใช้งานจริงอยู่ในปัจจุบัน

1.2.3. วิเคราะห์ และสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือด้วยบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ สำหรับระบบสกาดา สำหรับรถไฟ

1.2.4. จำลองการทำงานของระบบการจัดการสกาดา และการจัดการสถานีรถไฟ โดยการจำลองแต่ละส่วนของสถานีรถไฟโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตัวอย่าง (สถานีรถไฟบางบำหรุ ของโครงการรถไฟฟ้ามหานครสายสีแดง)

1.3. ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1. พัฒนาซอฟต์แวร์การจัดการสถานีรถไฟ ได้แก่ระบบแสดงผล ระบบแจ้งเตือนระบบการควบคุมการทำงาน และการเก็บข้อมูล

1.3.2. ออกแบบอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกระยะไกล (RTU: Remote Terminal Unit) เพื่อทำการเชื่อมต่อ และจำลองสถานการณ์ระบบการจัดการสถานีรถไฟโดยจำลองแต่ละส่วนสถานีรถไฟจำลองบางบำหรุ และอุปกรณ์หรือระบบต่างๆ เสมือนจริงที่อยู่ในสถานีรถไฟบางบำหรุ ได้แก่

- Power Supply System
- Low Voltage System
- Overhead Catenary System

(ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าบนรถไฟ และขบวนรถด้วยสายไฟเหนือหัว)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในชื่อของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- UPS
- Generator
- Lighting Control (ระบบส่องสว่างภายในสถานี)
- Fire Protection & Detection System (ระบบป้องกันและแจ้งเตือนอัคคีภัย)
- Platform Screen Doors (ระบบประตูกั้นชานชาลาสถานีรถไฟ)
- Security System (ระบบรักษาความปลอดภัย)
- Pump and Drainage (ระบบปั๊มน้ำ)
- Environment Control System (ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม)
- Lift and Escalator (ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน)

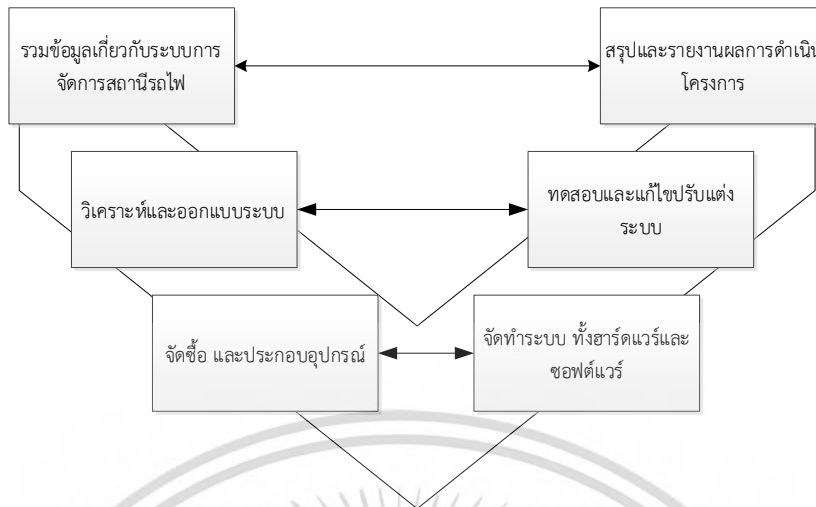
ระบบการจัดการสถานีรถไฟบางบำหรุการใช้งานจะครอบคลุมทุกระบบ โดยมีอุปกรณ์ มีความสามารถเชื่อมต่อแสดงผลการติดตาม ได้ 118 จุด สามารถควบคุมได้ 32 จุด รวมเป็น 150 จุด และ ประกอบด้วย การเชื่อมต่อโดยโพรโตคอลอีก 106 จุด รวมเป็นทั้งหมด 256 จุดเชื่อมต่อ

1.3.3. ระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถติดตั้งชุดซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมา จากนั้นจัดตั้งชุดปฏิบัติการ ซึ่งจะจำลองสถานะแวดล้อมและอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งทำงานได้จริงของสถานีรถไฟให้ผู้สนใจได้ทำการศึกษาการทำงานของระบบที่จำเป็นต่อระบบการเดินรถไฟ จัดตั้ง ณ ศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการรถไฟแห่งประเทศไทย เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร หรือสถานที่อื่นๆที่การรถไฟแห่งประเทศไทยเห็นสมควร

1.3.4. วิเคราะห์ และสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือด้วยบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ สำหรับระบบสภาคา

1.4. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ จะถูกออกแบบให้สามารถรองรับทุกอุปกรณ์ หรือทุกระบบที่เป็นหัวใจหลักของการให้บริการภายในสถานีรถไฟ ซึ่งมีความสามารถในการติดตาม การควบคุม และสั่งการได้ เพื่อให้สามารถจำลองขั้นตอนและกระบวนการทำงานที่จำเป็นในการจัดการสถานีรถไฟ รูปที่ 1.1 แสดงขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยของระบบ การดำเนินงานวิจัยภายใต้โครงการนี้มุ่งเน้นเพื่อให้เกิดแบบจำลองเสมือนจริงสำหรับการจัดการสถานีรถไฟ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์ และส่วนของซอฟต์แวร์ โดยมีการดำเนินการเป็นขั้นตอน แบบโมเดลวี (V-Model) ดังนี้



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการแบบโมเดลวี (V-Model)

1.4.1. ขั้นรวบรวมข้อมูลและรวบรวมความต้องการของระบบ

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาระบบการจัดการสถานีรถไฟ และระบบสกาดา รวมถึงระบบอื่นๆที่เกี่ยวข้องโดยอาศัยวิธีการศึกษาจากหนังสือ บทความทางวิชาการ สอบถามผู้เชี่ยวชาญ รวมถึงการศึกษาดูงานเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นของโครงการ โดยศึกษาจากระบบที่ใช้จริง เช่น รถไฟฟ้าบีทีเอส รถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน รถไฟฟ้าแอร์พอร์ตเรลลิงค์ เป็นต้น จากนั้นจึงจัดทำเป็นรายงานการศึกษารวมรวมข้อมูลและความต้องการของระบบ เพื่อเตรียมการในขั้นการออกแบบระบบต่อไป

1.4.2. ขั้นการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

นำข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมความต้องการของระบบมาทำการออกแบบทั้งในส่วนของชุดอุปกรณ์และส่วนของซอฟต์แวร์การจัดการสถานีรถไฟ ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆหลายประการ ซึ่งต้องออกแบบทั้งระบบ และชุดทดสอบระบบ ซึ่งต้องดำเนินคู่ขนานกันไป และอาศัยการสอบถามความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้การออกแบบระบบถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

1.4.3. ทำการจัดซื้อ และประกอบอุปกรณ์

ทำการจัดซื้อทั้งในส่วนของชุดอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และส่วนของซอฟต์แวร์ รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นชุดอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล ชุดติดตั้งและแสดงผลอุปกรณ์ต่างๆภายในสถานี เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการจัดทำระบบตามที่ต้องการ

1.4.4. ขั้นการจัดทำระบบ

เป็นการนำเอาข้อมูลการออกแบบระบบทั้งหมดมาจัดทำให้เป็นระบบที่ต้องการทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ โดยจัดทำตามระบบที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์พร้อมใช้งานมากที่สุด

1.4.5. ขั้นการทดสอบและตรวจสอบความถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการนำระบบที่จัดทำมาทดสอบในรายการทดสอบต่างๆ เพื่อความถูกต้อง และเป็นการยืนยันว่าระบบจะทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ และให้เกิดข้อผิดพลาด หรือเรียนรู้ข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นให้ได้มากที่สุด ซึ่งอาจต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญช่วยในการร่วมทดสอบด้วย จากนั้นทำการปรับปรุงทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้มีความถูกต้องมากที่สุดเพื่อให้พร้อมในการเผยแพร่ความรู้ รวมถึงการส่งมอบและติดตั้งชุดปฏิบัติการ

1.4.6. สรุปผลผลดำเนินงาน

เป็นการส่งมอบงานเพื่อจัดทำระบบเสร็จสมบูรณ์และถ่ายทอดความรู้ให้กับผู้เกี่ยวข้อง รวมถึงการปรับปรุง ตรวจสอบ และดูแลระบบเพื่อให้การทำงานสอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริง นอกจากนี้ยังจัดทำรายงานเชิงเทคนิคและการใช้ประโยชน์ และทำการเผยแพร่ความรู้ และสรุปผลการดำเนินงานของโครงการ

1.5. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1.5.1. ฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาโปรแกรมและแสดงข้อมูล จำนวน 1 เครื่อง
- อุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกระยะไกล (RTU)

1.5.2. ซอฟต์แวร์

- MATLAB สำหรับจำลองสัญญาณและระบบ (Student Suite License)
- SIMATIC TIA portal 13 สำหรับพัฒนาโปรแกรม PLC หรือ RTU

1.6. ส่วนประกอบของการวิจัย

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วย 6 บท ได้แก่

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ระบบสาคาตาและการจัดการสถานีรถไฟ

บทที่ 3 ความน่าเชื่อถือสำหรับระบบรถไฟ และการประยุกต์ใช้

บทที่ 4 การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ

บทที่ 5 ผลการทดลอง

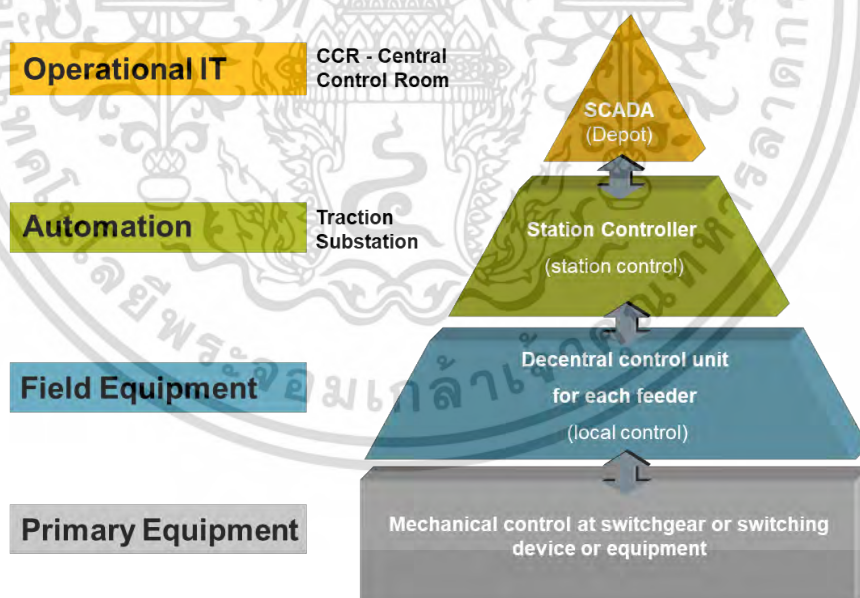
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ระบบสกาดาและการจัดการสถานีสำหรับระบบขนส่งทางราง

2.1. บทนำ

ระบบสกาดา หรือ SCADA ย่อมาจาก Supervisory Control and Data Acquisition คือระบบการส่งข้อมูลในระยะไกล เพื่อตรวจสอบ ติดตาม จัดเก็บข้อมูล และควบคุมกระบวนการต่างๆ ผ่านทางหน่วยควบคุมระยะไกล (RTU: Remote Terminal Unit) ไปที่หน่วยควบคุมส่วนกลาง (CCR: Centralized Control Room) โดยจะมีการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิทัลผ่านทางระบบเครือข่ายสื่อสารคมนาคม องค์ประกอบหลักของสกาดา ได้แก่ หน่วยติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้ระดับบน หน่วยควบคุมระยะไกล หน่วยติดต่อระยะไกล และมีกระบวนการตรวจสอบ ควบคุม และวิเคราะห์ข้อมูลแบบระบบเวลาจริง (Real-time System) มีการจัดเก็บข้อมูลจากทุกระบบ แล้วจัดส่งไปยังศูนย์ควบคุมกลาง เพื่อทำการวิเคราะห์ ติดตาม และการควบคุม (Monitoring and Control) ใช้ในการตรวจสอบสถานะตลอดจนถึงควบคุมการทำงานของระบบควบคุมต่างๆ สำหรับงานด้านวิศวกรรมต่างๆ ตัวอย่างการใช้งาน เช่น ใช้ระบบสกาดา ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ภายในสถานีรถไฟรวมถึงสถานีจ่ายไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพรวม และขั้นตอนของระบบสกาดา

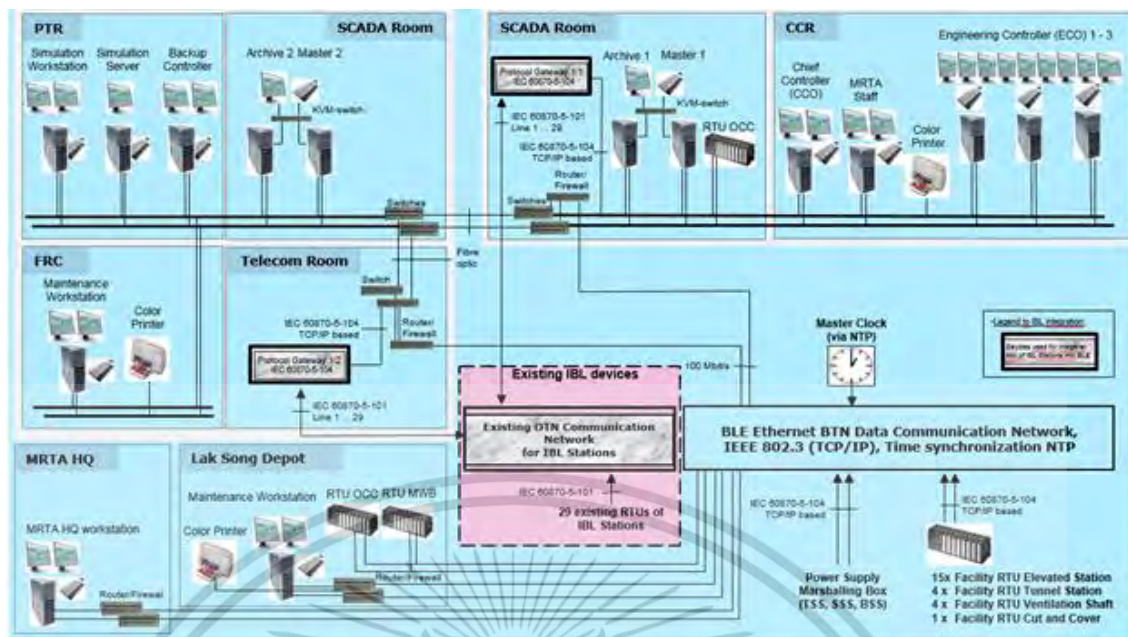
นอกจากนี้ระบบสกาดา ยังสามารถคำนวณและประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากฮาร์ดแวร์ต่างๆ เช่น PLC (Programmable Logic Control) แล้วแสดงข้อมูลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือส่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณควบคุมฮาร์ดแวร์ดังกล่าว เช่น หากอุปกรณ์มีอุณหภูมิที่สูงเกินพิกัดให้ทำการหยุดการทำงาน ของอุปกรณ์นั้นๆ หรือตรวจพบความร้อนที่สูงกว่าปกติ และได้ทำการส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ เพื่อระบายอากาศ เป็นต้น โดยจะส่งงานผ่าน PLC หรือตัวควบคุมระยะไกล ที่ติดตั้งอยู่ ทำให้ระบบมีความสามารถที่จะปฏิบัติงานในสถานที่ที่ไม่มีคนอยู่ได้ โดยสามารถส่งการควบคุมจากสถานีหรือห้องควบคุมกลาง และมีสัญญาณแจ้งเตือนแสดงชัดเจนที่ห้องควบคุมกลาง โดยแสดงถึงสถานะของกระบวนการ การปฏิบัติงาน และสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ ในพื้นที่นั้น ทั้งนี้ สามารถทำการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล (Database) เพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปใช้งานได้ จึงเข้ามามีส่วนสำคัญในงานควบคุมระบบ ทั้งระบบขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ที่ต้องการแสดงผล แลกเปลี่ยนข้อมูลหรือควบคุมระบบต่างๆ จากส่วนกลางเพื่อการทำงานของระบบที่สัมพันธ์กัน ทำให้มองเห็นภาพรวมได้อย่างชัดเจนและมีความรวดเร็วต่อเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น

2.2. ระบบสกาดาลำหรับศูนย์ควบคุมกลาง

ระบบสกาดาสสมัยใหม่ในปัจจุบัน เกิดจากการพัฒนาอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ HMI (Human Machine Interface) ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมาและเห็นได้ชัดว่าแตกต่างจากระบบ เมื่อหลายปีก่อนเป็นอย่างมาก ที่เห็นได้ชัดเจนคือ อินเทอร์เฟซ HMI แบบใหม่ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการออกแบบในปัจจุบัน (IEC) และระบบสกาดาจะประจำอยู่ที่อาคารศูนย์ควบคุมกลาง (Operation Control Centre หรือ อาคาร OCC) ในระบบขนส่งทางรางนั้น และตั้งอยู่ที่ศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot)

นอกจากการเปลี่ยนแปลงใน HMI แล้วระบบสกาดาใหม่ ยังแตกต่างจากระบบที่มีอยู่ในแง่ของการเก็บข้อมูลเวิร์กโฟลว์และวิธีการทำงาน ซึ่งหมายความว่าสำหรับ Operator จะมีการนำเสนออินเทอร์เฟซผู้ใช้แบบใหม่พร้อมทั้งแนวคิดใหม่การควบคุม นอกจากนี้ฐานข้อมูล จะถูกตั้งค่าสำหรับการจัดเก็บข้อมูลเพื่อให้แน่ใจว่ามีการบันทึกในระยะยาว Engineering Controllers (ECO) และผู้ใช้อื่น ๆ และเนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา ฮาร์ดแวร์สกาดาในระดับศูนย์ควบคุมกลาง จะแตกต่างจากฮาร์ดแวร์เดิม และมีการพัฒนาโดยมีการนำคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ที่มีจำหน่ายทั่วไปมาแทนที่คอมพิวเตอร์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Computer: IPC) หรือคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นเฉพาะกิจระบบสกาดา ประกอบด้วยส่วนประกอบที่ได้มาตรฐาน สำหรับการดำเนินงานของระบบ ส่วนประกอบหลักคือเซิร์ฟเวอร์ เวิร์กสเตชัน และส่วน HMI รวมถึงเครือข่ายท้องถิ่น (Local Network) ระบบจะมีเวิร์กสเตชันคอนโทรลเลอร์สำรองที่สามารถใช้ในกรณีที่เวิร์กสเตชันคอนโทรลเลอร์หลัก ไม่สามารถทำงานได้ การออกแบบเวิร์กสเตชัน และเซิร์ฟเวอร์ มักจะเป็นมาตรฐานเซิร์ฟเวอร์ไคลเอนต์ โดยนิยมใช้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows มากกว่าระบบปฏิบัติการอื่น เช่น Linux, Solaris หรือ Ubuntu เป็นต้น โดรนแสดงส่วนประกอบหลัก ของระบบสกาดาที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ได้ดังรูป

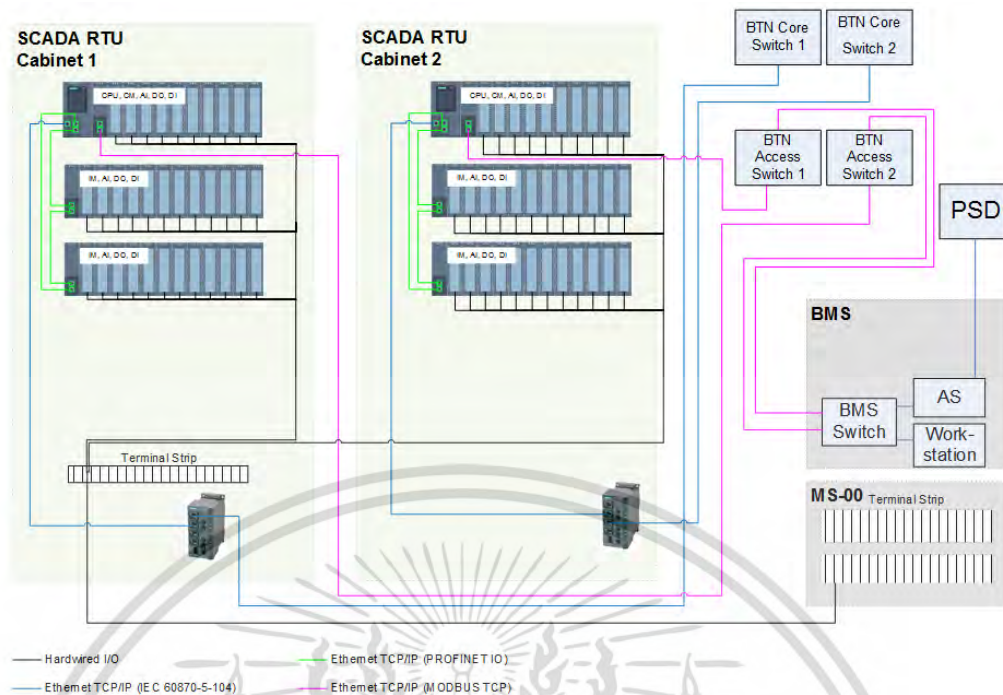


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างสถาปัตยกรรมของระบบสกาดตาที่ศูนย์ซ่อมบำรุง

2.3. หน่วยควบคุมระยะไกล (RTU: Remote Terminal Unit)

ในปัจจุบันหน่วยควบคุมระยะไกล หรือ RTU มักนิยมนำ PLC มาประยุกต์ใช้ เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน เครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ ของระบบอัตโนมัติแทนเครื่องมือควบคุมของระบบอัตโนมัติทางแบบเดิมๆ และมีหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่อเข้ากับส่วนอินพุตและเอาต์พุต โดย PLC จะควบคุมการทำงานของระบบด้วยโปรแกรมควบคุมการทำงานคล้ายโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งวงจรไฟฟ้า โดยโปรแกรมควบคุมของ PLC จะแตกต่างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดย PLC จะปรับปรุงภาษาคอมพิวเตอร์แบบเดิมเป็นภาษาสัญลักษณ์สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม ลักษณะคล้ายวงจรงจรไฟฟ้าของระบบควบคุมเดิม ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุม PLC ได้สะดวก รวดเร็ว และมีความหลากหลายด้านการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบอื่นๆ และต้นทุนต่ำกว่า การจัดหา หน่วยควบคุมระยะไกลโดยเฉพาะ ทำให้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างของหน่วยควบคุมระยะไกล และการอินเทอร์เน็ตเฟส

2.3.1 ลักษณะโครงสร้างของหน่วยควบคุมระยะไกล

โครงสร้างของ PLC จะประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลักๆ คือ หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ ภาควินพุต และภาควเอาต์พุต โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1.1 Central Processing Unit (CPU) หรือหน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานตามคำสั่งของส่วนต่างๆ ตามที่ได้รับมา ผลจากการประมวลผลจะถูกส่งออกไปยังส่วนต่างๆ ตามที่ได้รับระบุไว้ด้วยคำสั่ง และ CPU จะใช้เวลาในการประมวลผลช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับทางเลือกขนาดของซีพียูและความยาวของโปรแกรมที่เขียน ปกติแล้วซีพียูจะใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ขนาดตั้งแต่ 4 bit 8 bit 16 bit 32 bit 64 bit และ 128 bit มาใช้งาน โดยซีพียูแต่ละขนาดจะมีความสามารถไม่เท่ากัน จึงทำให้ PLC ในแต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อมีความสามารถแตกต่างกันไป หรือบางครั้งภายใน PLC บางรุ่นจะใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ถึง 2 ตัวมาช่วยกันทำงาน จึงทำให้เวลาประมวลผลเร็วกว่า PLC ที่ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์เพียงตัวเดียว

โดยทั่วไป การเลือกใช้งาน PLC จะเลือกมาจากการประยุกต์ใช้งานจึงทำให้ผู้ใช้งานและผู้ผลิตจะไม่เปิดเผย PLC ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์รุ่นอะไร เนื่องจากไม่มีการระบุเบอร์หรือรุ่นของไมโครโพรเซสเซอร์ ดังนั้น ผู้ใช้งานจึงต้องเลือกจากคุณสมบัติอื่นๆ เช่น รองรับจำนวนอินพุต/เอาต์พุต ความเร็วในการประมวลผลของคำสั่ง ขนาดความจุของโปรแกรมและข้อมูล เป็นต้น

2.3.1.1. หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลต่างๆ ของ PLC กรณีที่ต้องการสั่งให้ทำงาน PLC จะนำโปรแกรมและข้อมูลในหน่วยความจำมาประมวลผลการทำงาน สำหรับหน่วยความจำที่ใช้งานมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ หน่วยความจำชั่วคราว (RAM: Random Access Memory) และ หน่วยความจำถาวร (ROM: Read Only Memory)

1. หน่วยความจำชั่วคราว เป็นโปรแกรมและข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นโดยผู้ใช้ คุณสมบัติของ RAM นั้น คือเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงจะทำให้โปรแกรมและข้อมูลหายไปทันที ดังนั้น ภายใน PLC จะมีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล (Backup Battery) เอาไว้สำรองข้อมูล (Backup Data) กรณีที่ไฟฟ้าหลัก (Main Power Supply) ไม่จ่ายไฟให้กับ PLC ไม่ควรถอดแบตเตอรี่สำรอง ในกรณีที่ไม่มีไฟฟ้าจ่ายให้ PLC

2. หน่วยความจำถาวร เป็นหน่วยความจำอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ข้อมูลใน ROM นั้น ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล แต่จะมีปัญหาในเรื่องการเข้าถึงข้อมูล (Time Access) ช้ากว่า RAM ดังนั้น PLC จึงมีหน่วยความจำทั้ง RAM และ ROM รวมกันอยู่ ซึ่ง ROM สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

- PROM (Programmable ROM) ถือเป็น ROM รุ่นแรกๆ ที่สามารถเขียนข้อมูลลงชิพได้เพียงครั้งเดียว ถ้าเขียนแล้วข้อมูลไม่สมบูรณ์ ชิพจะเสียทันทีโดยไม่สามารถนำกลับมาเขียนใหม่ได้อีก
- EPROM (Erasable Programmable ROM) หน่วยความจำชนิดนี้ จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม และการลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต มีข้อดีคือโปรแกรมจะไม่สูญหาย แม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนโปรแกรม
- EEPROM (Electrical Erasable Programmable ROM) หน่วยความจำนี้ ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม หรือลบโปรแกรม โดยจะใช้วิธีการทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้น ยังไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟ เมื่อไฟดับ ซึ่ง EEPROM จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน

2.3.1.2. ภาคอินพุต (Input Unit)

ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตเข้ามาแล้วแปลงสัญญาณ เพื่อที่จะส่งเข้าไปภายใน PLC และอุปกรณ์อินพุต (Input Device) ต่างๆ ที่จะนำมาต่อกับภาคอินพุต เช่น Relay, Limit Switch, Inverter, Encoder, Temperature Controller และ Photoelectric Sensor เพื่อส่งไปยัง CPU ทำการประมวลผลตามโปรแกรมคำสั่งของผู้ใช้งาน โดยปกติหน้าที่ของภาคอินพุต คือ การแปลงระดับสัญญาณเข้าไปให้เป็นระดับสัญญาณที่เหมาะสมให้กับระบบการทำงานของ CPU และการแบ่งสัญญาณภายนอกและภายในออกจากกัน เพื่อที่จะต้องการป้องกันไม่ให้หน่วยประมวลผลได้รับความเสียหาย

2.3.1.3. ภาคเอาต์พุต (Output Unit)

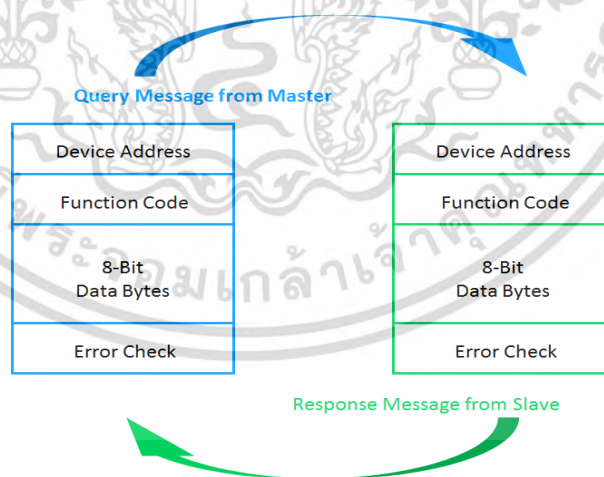
ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปยังโหลดชนิดต่างๆ ตามเงื่อนไขที่ได้เขียนโปรแกรมเอาไว้ ซึ่งภาคเอาต์พุตจะทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ ควบคุมมอเตอร์ เป็นต้น

2.3.2 ทฤษฎีโปรโตคอลที่ใช้สำหรับระบบรถไฟ

PLC นั้น จะมีโปรโตคอลการทำงานอยู่หลากหลาย โปรโตคอลที่จะนำมาใช้กับระบบการจัดการสถานีรถไฟ ตัวอย่างเช่น Modbus Profibus และ IEC 60870-5-101/104 ที่เป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่ใช้สำหรับ ระบบขนส่งทางราง

2.3.2.1. โปรโตคอล Modbus

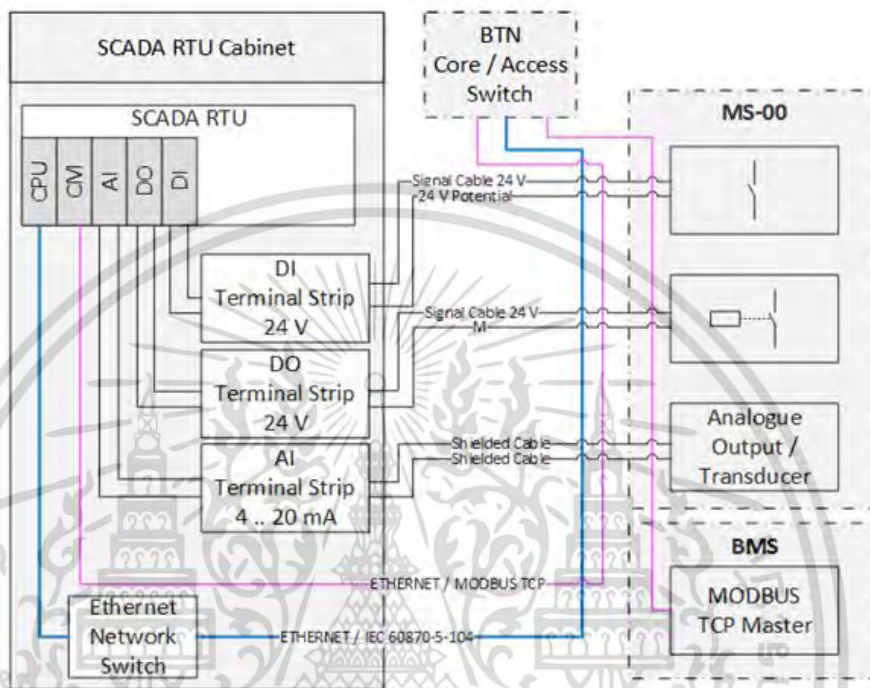
โปรโตคอล Modbus เป็นโปรโตคอลเพื่อสื่อสารข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตและรีจิสเตอร์ภายใน PLC และโปรโตคอล Modbus ได้เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากโปรโตคอล Modbus เป็นระบบเปิด เชื่อมต่อง่าย พัฒนาง่ายและไม่มีค่าใช้จ่าย อีกทั้งยังแพร่หลายในการนำโปรโตคอลนี้ไปใช้งานในอุปกรณ์อื่นๆ เช่น RTU, Flow Computer Digital Power Meter และ Remote IO เป็นต้น และในทุกซอฟต์แวร์ SCADA มีความสามารถสื่อสารกับโปรโตคอล Modbus ได้ ปัจจุบันโปรโตคอล Modbus จึงเป็นโปรโตคอลหลักในงานอุตสาหกรรม เพื่อใช้งานในระบบสกาตา และ PLC



รูปที่ 2.4 การติดต่อสื่อสารแบบ Master-Slave

โปรโตคอล Modbus เป็นการสื่อสารข้อมูลในลักษณะ Master-Slave แสดงดังรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นการสื่อสารจากอุปกรณ์แม่ (Master) เครื่องเดียว โดยส่วนใหญ่จะเป็นซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์แสดงผล HMI ไปยังอุปกรณ์ลูก (Slave) หลายๆ เครื่อง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถกำหนดหมายเลขอุปกรณ์ได้สูงสุด 255 เครื่อง ซึ่งมีลักษณะการส่งข้อมูล 2 แบบ คือ ข้อมูลแบบแอสกี (ASCII) และข้อมูลแบบเลขฐานสอง (Binary) ในโปรโตคอล Modbus ที่สื่อสารข้อมูลแบบ ASCII จะเรียกว่า Modbus ASCII และโปรโตคอล Modbus ที่สื่อสารข้อมูลแบบเลขฐานสอง จะเรียกว่า Modbus RTU ทำให้มีความแตกต่างในการกำหนดค่าพอร์ต



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการใช้โปรโตคอล Modbus

การรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล Modbus สามารถเลือกได้ 2 โหมด คือ โหมด ASCII และโหมด RTU ซึ่งทั้ง 2 โหมดนี้มีความแตกต่างกันที่การกำหนดรูปแบบของชุดข้อมูลภายในเฟรม และจะเลือกโหมดใดก็ได้ แต่มีเงื่อนไขว่า อุปกรณ์ทุกตัวที่ต้องร่วมกันอยู่ในบัส (Bus) หรือเน็ตเวิร์ค (Network) เดียวกัน จะต้องตั้งให้เลือกใช้โหมดเดียวกันทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.5

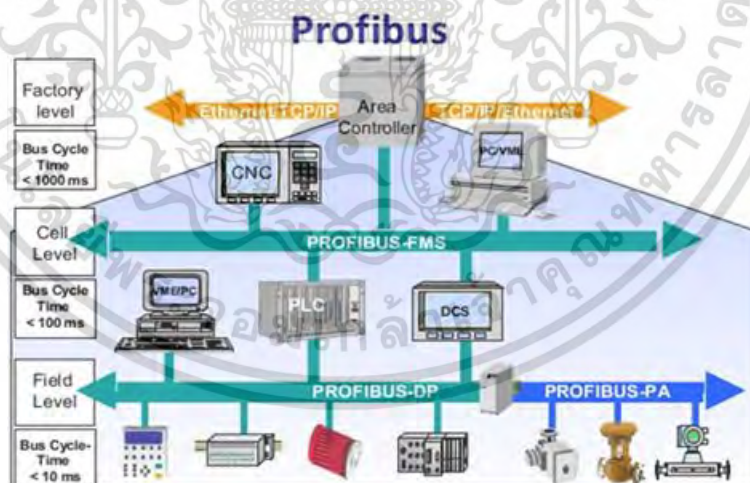
2.3.2.2. โปรโตคอล Profibus

โปรโตคอล PROFIBUS (Process Field Bus) เป็นมาตรฐานหนึ่งสำหรับการติดต่อแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ต่างๆ โดยใช้บัส (Bus) เพียงเส้นเดียวในการเชื่อมต่อ ทำให้ใช้สายจำนวนน้อยลงแต่ความเร็วในการติดต่อสื่อสารเพิ่มมากขึ้น และได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ และเป็นมาตรฐานระบบเปิดสำหรับการผลิตและการควบคุมอัตโนมัติที่ไม่ผูกมัดกับผู้ผลิตใดๆ และโปรโตคอล PROFIBUS จะเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ (IEC61158, EN50170, 50240) เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้มาตรฐานนี้สามารถติดต่อกันและใช้งานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งโปรโตคอล PROFIBUS แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. PROFIBUS DP (Decentralized Peripherals) ใช้สื่อสารระหว่างส่วนควบคุมกลางกับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตที่ Field Level
2. PROFIBUS FMS (Fieldbus Message System) ใช้สื่อสารระหว่าง PLC กับ PC (Personal Computer) และแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ Cell Level ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลที่มีความซับซ้อน
3. PROFIBUS PA (Process Automation) เป็นส่วนขยายของ PROFIBUS DP โดยสามารถรวมอุปกรณ์ของ PROFIBUS PA และ PROFIBUS DP เข้าด้วยกันได้ โดยการใช้ อุปกรณ์แยกส่วน (Segment Coupler) ใช้ในการสื่อสารที่มีความเร็วสูงและระบบอัตโนมัติ และยังมีความน่าเชื่อถือ

ในการสื่อสารแบบ PROFIBUS ต้องมีกำหนด Profile ของอุปกรณ์แต่ละประเภท ซึ่งอยู่ในรูปแบบไฟล์คอนฟิกูเรชัน เพื่อให้ทราบว่าอุปกรณ์นั้นๆ มีคุณลักษณะอย่างไร จะได้สื่อสารอย่างถูกต้องตามประเภท เช่น ไฟล์ประเภท PROFIDrive ใช้สำหรับอุปกรณ์จำพวก Drive ไฟล์ประเภท PROFIBUS PA สำหรับอุปกรณ์ Process Automation และ PROFISafe สำหรับ Safety Application การสื่อสารด้วยรูปแบบ PROFIBUS มีความยืดหยุ่น และการสื่อสารข้อมูลทำได้ในระดับ Advance ซึ่งสามารถตรวจสอบความบกพร่องของการสื่อสาร และการทำงานของอุปกรณ์ได้ อีกทั้งยังมีความสามารถในการตรวจสอบเชิงป้องกันอีกด้วย โพรโตคอล PROFIBUS มีลักษณะโครงสร้างการสื่อสาร แบ่งได้เป็น 4 ระดับ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ระดับการสื่อสารของระบบอุตสาหกรรมตามมาตรฐาน Profibus

1. Factory Level เป็นเครือข่ายในระดับบนสุด ใช้เป็นเครือข่ายการสื่อสารเพื่อควบคุมการทำงานของระบบโดยรวมทั้งหมด รวมทั้งสามารถรวบรวม เรียงลำดับ และจัดเก็บข้อมูลจากเครือข่ายต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Cell Level เป็นส่วนของอุปกรณ์ควบคุมของระบบ เช่น PLC และ IPC (Industrial Personal Computers) ซึ่งติดต่อสื่อสารกันโดยระบบมาตรฐาน Ethernet TCP/IP Intranet และ Internet ข้อมูลมีการส่งแบบเป็นชุดข้อมูล

3. Field Level ส่วนมากเป็นอุปกรณ์ที่แยกออกมา เช่น โมดูลอินพุต-เอาต์พุต (I/O Module) ทรานสดิวเซอร์ อุปกรณ์วิเคราะห์ และวาล์ว มีการติดต่อสื่อสารกับระบบอัตโนมัติ โดยประมวลผลแบบเวลาจริง (Real-time) และมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบวนรอบ (Cyclic Data Exchange)

4. Sensor/Actuator Level สัญญาณดิจิทัลจากอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) และ อุปกรณ์สั่งงาน (Actuator) ถูกส่งไปยังสายบัส ซึ่งเป็นการสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูลและแรงดันไฟฟ้าไปในสายเดียวกัน โดยในระดับนี้ความต้องการปริมาณข้อมูลไม่มาก แต่ความเร็วในการสื่อสารสูง

โพรโตคอล PROFIBUS เป็นเน็ตเวิร์คแบบ Multi Master Network คือ การสนับสนุนการสื่อสารแบบ Master/Master, Master/Slave และ Slave/Slave นอกจากนี้ PROFIBUS ยังทำการปรับปรุง Cyclic Process Data ให้มีการสื่อสารด้วยความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพระหว่าง Master และ Slave อีกทั้งยังสามารถรับส่งข้อมูล Acyclic Parameter และ ISO Synchronous Real-time Transmission ได้

ประเภทของอุปกรณ์ในระบบ Profibus แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. Master เป็นผู้กำหนดข้อมูลการสื่อสารบนโพรโตคอล PROFIBUS โดยจะส่งข้อความที่ปราศจากการกระตุ้นจากภายนอกเนื่องจาก Master เป็นผู้ถือครองบัส จึงสามารถเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า สถานีกระตุ้น (Active Station) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

- DPM1 (DP Master Class 1) ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของ Slave ภายในระบบ เช่น PLC

- DPM2 (DP Master Class 2) ทำหน้าที่ในการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ให้กับระบบ เช่น การตั้งค่าข้อมูล (Configuration Data)

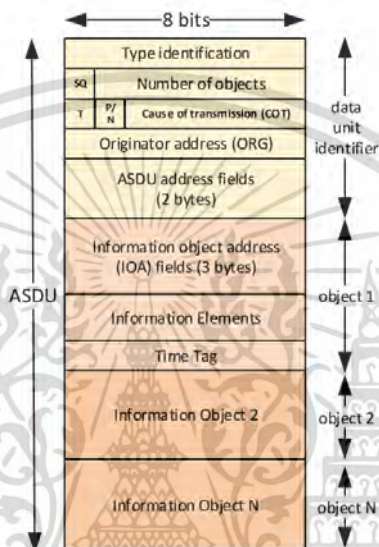
โดย Master ทั้ง 2 ชนิด จะมีอำนาจในการครอบครองบัสตามเวลาที่กำหนด หลังจากผ่านช่วงเวลาดังกล่าวจะส่งอำนาจการครอบครองบัส หรือ Token ให้กับ Master ตัวถัดไปที่อยู่บนบัส โดยจะสื่อสารกันผ่านกระบวนการ Token Passing

2. Slave เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สถานีถูกระทำ (Passive Station) เนื่องจากไม่มีอำนาจในการถือครองบัส และมีความสามารถเพียงรับส่งข้อมูลจากการร้องขอของ Master ได้แก่ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตต่างๆ โดยที่ Master จะเป็นผู้ส่งข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดต่างๆ ของรูปแบบการสื่อสาร เพื่อเป็นข้อตกลงที่ใช้ร่วมกันในการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดย Master จะมาสอบถามข้อมูลของ Slave ทุกตัวที่อยู่ในระบบอยู่ตลอดเวลา

2.3.2.3. โพรโตคอล IEC 60870-5-101/104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพรโตคอลมาตรฐาน IEC 60870-5 ที่นำมาใช้กับระบบขนส่งทางราง มีด้วยกัน สองอแบบคือ IEC 60870-5-101 หรือนิยมเรียกโดยย่อว่า IEC101 และ IEC 60870-5-104 หรือนิยมเรียกโดยย่อว่า IEC104 คือ โพรโตคอลที่ใช้ติดต่อระหว่าง คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ กับ หน่วยควบคุมระยะไกลโดยมีคุณลักษณะเฉพาะ คือจะมีการบันทึกเวลาไว้ในรูปแบบ Application Service Data Unit (ASDU) ในการรับส่งข้อมูลด้วยทำให้ สามารถแสดงผลพร้อมแสดงเวลาที่หน้าจอ HMI ได้อย่างถูกต้อง โดยมีรายละเอียดดังรูป 2.7



รูปที่ 2.7 รูปแบบมาตรฐาน ASDU สำหรับ IEC101/104

ความแตกต่างของ IEC101 และ IEC104 มีดังต่อไปนี้

- IEC 60870-5-101 คือมาตรฐานที่ใช้ร่วมกันโดยเฉพาะสำหรับงานควบคุมทางไกลขั้นพื้นฐาน โดยใช้ติดต่อ รับส่งข้อมูลผ่านช่องทางพอร์ตอนุกรม (Serial Port) นั่นคือ Port RS-232 หรือ RS-422/485
- IEC 60870-5-104 คือมาตรฐานการเข้าถึงเครือข่าย โดยโพรโตคอลมาตรฐาน IEC 60870-5-101 เป็นพื้นฐาน แต่แตกต่างกันตรงใช้โปรไฟล์โครงข่ายมาตรฐานแบบอินเทอร์เน็ต (TCP/IP)

2.3.3 โปรแกรมควบคุมการทำงานของหน่วยควบคุมระยะไกล

โปรแกรมควบคุมการปฏิบัติงานของ PLC ต่างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป นั่นคือภาษา PLC จะเขียนโปรแกรมควบคุมออกแบบพิเศษเป็นภาษาสัญลักษณ์คล้ายวงจรไฟฟ้าหรือวงจรตรรกะสำหรับบุคลากรที่ไม่มีทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ โดยโปรแกรม PLC จะประกอบด้วย ภาษาหลัก 1 ภาษา และภาษาประกอบอย่างน้อย 1 ภาษา ซึ่งจะทำให้การเขียนโปรแกรม PLC สะดวกมากกว่าการเขียนโปรแกรม PLC ที่ประกอบไปด้วยภาษาเพียงชนิดเดียว

สำหรับการโปรแกรมควบคุมการปฏิบัติงานของหน่วยควบคุมระยะไกล ชนิด PLC สามารถเขียนโปรแกรมได้หลายแบบขึ้นกับความเหมาะสม สำหรับภาษาที่นิยมนำมาเขียน คือ ภาษาบล็อก (Function Block Language) และภาษาลำดับข้อความ (Statement List Language) ดังนี้

2.3.3.1. ทฤษฎีภาษาบล็อก (Function Block Language)

ภาษาบล็อก หรือ บล็อกฟังก์ชันเป็นภาษาสัญลักษณ์คล้ายวงจรตรรกะ ซึ่งเป็นหน่วยโปรแกรม ชนิดโปรแกรมย่อยของ PLC ซึ่งบล็อกฟังก์ชันจะคล้ายฟังก์ชัน ทำให้โปรแกรม PLC เรียกใช้โปรแกรม PLC ของบล็อกฟังก์ชันได้ โดยใช้คำสั่งเพียงคำสั่งเดียว แทนโปรแกรม PLC ของบล็อกฟังก์ชันทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยคำสั่งหลายคำสั่งของ PLC

บล็อกฟังก์ชันเป็นหน่วยโปรแกรมประกอบด้วย ตัวแปรเข้าจำนวนตัวแปรเข้าเดียว หรือ ตัวแปรเข้าหลายจำนวนตัวแปรเข้า และ ตัวแปรออกจำนวนตัวแปรออกเดียว หรือ ตัวแปรออกหลายตัวแปรออก บล็อกฟังก์ชันอาจมีหน่วยความจำเก็บข้อมูลภายในของบล็อกฟังก์ชัน ตัวแปรออกเป็นผลโปรแกรมของตัวแปรเข้าและข้อมูลภายในบล็อกฟังก์ชัน ทำให้การเรียกใช้บล็อกฟังก์ชันโดยตัวแปรเข้าเดิมอาจมีตัวแปรออกที่ไม่ใช่ค่าเดิมใหม่

2.3.3.2. ทฤษฎีภาษาลำดับข้อความ (Statement List Language)

ภาษาลำดับข้อความ เป็นภาษาข้อความ ซึ่งเป็นการสร้างหรือเขียนโปรแกรม โดยใช้คำสั่งเป็นแบบภาษาเครื่อง โดยทั่วไปผู้ใช้งานมักจะเป็นผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ทางด้าน PLC และโปรแกรมที่ถูกสร้างแบบภาษาลำดับข้อความ อาจไม่สามารถแปลงให้อยู่ในรูปแบบของ ภาษาแลตเตอร์ หรือ ภาษาบล็อก ได้ ซึ่งมีการเปรียบเทียบการใช้งานของ ภาษาแลตเตอร์ ภาษาบล็อก และภาษาลำดับข้อความ

2.4. ระบบจ่ายไฟ และระบบสื่อสารสำหรับระบบขนส่งทางราง

สำหรับระบบรถไฟสมัยใหม่ นอกเหนือจากระบบอาณัติสัญญาณ ระบบล้อเลื่อน และทางวิ่ง สามารถแบ่งระบบที่เหลือนี้ได้เป็นสองกลุ่มหลักๆ คือระบบจ่ายไฟฟ้า และระบบบริหารภายในสถานีรถไฟ โดยมีรายละเอียดเบื้องต้นดังนี้

2.4.1. ระบบจ่ายไฟ

สำหรับระบบจ่ายไฟ ยังสามารถแบ่งได้เป็น สองชนิดนั่นคือ Traction substation (TSS) และ Service substation (SSS) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1.1. ระบบ Traction substation

ระบบ Traction substation หรือ TSS คือ สถานีไฟฟ้าขับเคลื่อน ซึ่งจะมีทั้ง การจ่ายไฟฟ้า ทั้งแบบ กระแสตรง และกระแสสลับ กรณีไฟฟ้ากระแสตรง จะรับแรงดัน 24 kVAC จากตู้ Switchgear เข้า Traction Transformer แปลงลงเหลือระดับต่ำกว่า 600 VAC และเข้าสู่ชุด Rectifier ก่อนเป็น 750 VDC เข้าสู่ตู้ DC Switchgear เพื่อตัดต่อไฟขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท การช่าง ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาเป็นลิขสิทธิ์ของ บริษัท การช่าง ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+ เข้ารางที่สาม รถไฟจะรับไฟผ่าน Collector shoe เพื่อส่งกระแสไฟฟ้าไปยังชุดอินเวอร์เตอร์ ควบคุมความเร็วในการขับเคลื่อนรถไฟต่อไป และไฟจะไหลครบวงจรผ่านล้อลงรางวิ่ง หรือ Running rails เข้าครบวงจรที่ Rectifier สวณกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับมักจะจ่ายไฟฟ้า 24 KVAC ไปที่สายส่งไฟฟ้าเหนือหัว เพื่อจ่ายไฟให้กับรถไฟอีกที โดยมีระยะห่างระหว่างสถานีจ่ายไฟฟ้า ที่มากกว่าระบบไฟฟ้าแบบกระแสตรงนการออกแบบ Traction substation นั้นจะเห็นได้ว่า ไม่จำเป็นที่จะมีในทุกๆสถานี แต่ถ้า TSS สถานีใดสถานีหนึ่งหายไป รถไฟก็ยังวิ่งได้ตามปกติ ด้านปัจจัยในการออกแบบ TSS นั้น จะขึ้นอยู่กับการศึกษา และการจำลองระบบจ่ายไฟ โดยมีการคำนวณเรื่องระบบจ่ายไฟฟ้า ระยะห่างของสถานี ความชัน การคำนวณถึงการใช้งานของผู้โดยสารในอนาคต ซึ่งตรงนี้ก็จะมีวางแผนติดตั้งในอนาคตไว้แล้ว เป็นต้น

2.4.1.2. ระบบ Service substation SSS

ระบบ Service substation SSS หรือ สถานีไฟฟ้าบริการ จะมีติดตั้งในทุกสถานี จะแปลงไฟจาก 24 kVAC แปลงเป็น 400/230 VAC ใช้กับ อุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานี เช่น ไฟแสงสว่าง ลิฟท์ บันไดเลื่อน ตู้ขายบัตรโดยสาร เป็นต้น ด้านการออกแบบจะมี 2 Service substation ต่อสถานีแบ่งจ่ายไฟและเป็นระบบสำรองซึ่งกันละกัน เพราะเมื่อหากมีหนึ่งที่เสียหาย ชัดข้อง อีกสถานีก็ยังทำการจ่ายไฟฟ้าได้

2.4.2. ระบบสื่อสารสำหรับระบบขนส่งทางราง

ระบบสื่อสารเป็นระบบหลักที่สำคัญระบบหนึ่งสำหรับระบบรถไฟ ซึ่งประกอบด้วย การสื่อสารทั้งทางภาพ เสียง และข้อมูล โดยระบบดังกล่าวมี Backbone Transmission Network/Data Transmission System (BTN/DTS) เป็นเส้นทางการสื่อสารหลัก ซึ่งนอกจากจะเป็นเส้นทางการสื่อสารของระบบสื่อสารแล้ว DTS ยังเป็นเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลของ ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล (SCADA) และระบบจัดเก็บค่าโดยสารอัตโนมัติ (Automatic Fare Collection) และบางครั้งรวมถึงอาณัติสัญญาณ (Signaling) อีกด้วย สำหรับระบบสื่อสารที่ได้กล่าวจะมีปรากฏอยู่ทั่วไปทั้งเส้นทางเดินรถ สถานีรถไฟ บริเวณศูนย์ซ่อมบำรุงและที่ตัวรถไฟ จะเห็นได้ว่าระบบสื่อสารสามารถให้บริการครอบคลุมพื้นที่การทำงานของระบบรถไฟได้ทั้งหมด

ระบบสื่อสารในโครงการรถไฟ มีหน้าที่ แจ้างข้อมูลข่าวสารให้แก่ผู้โดยสารและพนักงาน แจ้างข้อมูลเตือนภัยในกรณีฉุกเฉิน ใช้ในการรักษาความปลอดภัยในพื้นที่รถไฟ และในการเชื่อมโยงการสื่อสารระหว่างระบบต่างๆ ที่ติดตั้งในระบบรถไฟ ซึ่งประกอบไปด้วย ภาพ เสียง ข้อมูล

ระบบสื่อสารในโครงการรถไฟโดยทั่วไปแล้วประกอบด้วยระบบย่อย ๆ ดังต่อไปนี้

1. ระบบสื่อสารข้อมูลหลัก (Data Transmission System, DTS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบนาฬิกา (Clock, CLK)
3. ระบบโทรศัพท์ (Telephone System, TEL)
4. ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television System, CCTV)
5. ระบบวิทยุ (Digital Radio System, DRS)
6. ระบบข้อมูลผู้โดยสาร (Passenger Information System, PIS)
7. ระบบประกาศ (Public Address System, PA)
8. ระบบควบคุมการเข้าออกพื้นที่ (Controlled Access Security System, CASS)
9. ระบบสารสนเทศ (OA&IT System)

โดยในกรณีนี้ จะมีการคำนึงถึงด้วยกัน 2 ระบบด้วยกัน ได้แก่ ระบบกล้องวงจรปิด (Closed Circuit Television System, CCTV) และ ระบบควบคุมการเข้าออกพื้นที่ (Controlled Access Security System, CASS) ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.4.2.1. ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television System, CCTV)

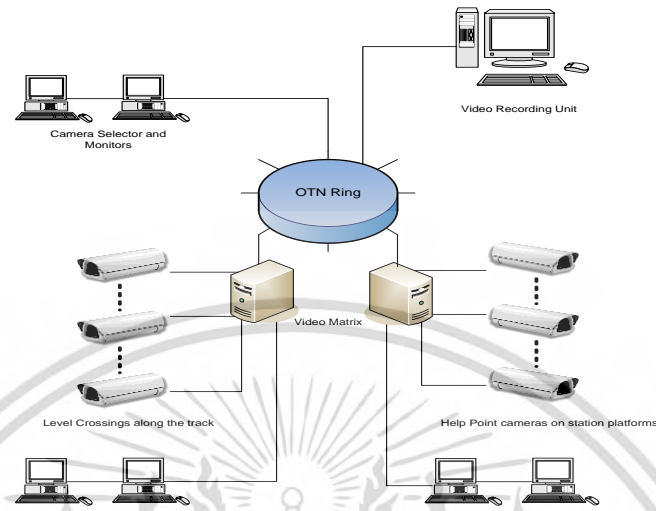
ระบบโทรทัศน์วงจรปิดสำหรับระบบแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ ระบบโทรทัศน์วงจรปิดบริเวณสถานีรถไฟ ระบบโทรทัศน์วงจรปิดบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง ระบบโทรทัศน์วงจรปิดภายในห้องเจ้าหน้าที่ควบคุมรถไฟ และระบบโทรทัศน์วงจรปิดสำหรับหอสัญญาณ สถานีสื่อสาร ตามแนวเส้นทางที่ต้องการ ทางตัดต่างๆ แล้วแต่การประยุกต์ใช้ เป็นต้น

เจ้าหน้าที่ในศูนย์สั่งการควบคุม และ ห้องควบคุมที่สถานีต่างๆ ใช้ CCTV ในการติดตามความเคลื่อนไหวของรถไฟ ระบบ และผู้โดยสาร การตรวจจับที่ชัดเจนแม่นยำเป็น ความต้องการหลักของระบบ ตำแหน่งติดตั้งและพื้นที่มุมมองของกล้องขึ้นอยู่กับ ความต้องการของการเดินรถในด้าน การดูแลรักษาความปลอดภัย เช่น ที่ชั้นชานชาลา แนวทางเดิน พื้นที่ผู้โดยสารมาใช้บริการที่ขึ้นออกตัว พื้นที่ก้าวลงจากบันไดเลื่อน ห้องออกตัว ทางเข้า อาคาร และประตูทางเข้าห้องเทคนิคอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น และต้องสามารถบันทึกภาพโดย กล้องที่สถานีได้ด้วย เจ้าหน้าที่ควบคุมสถานีสามารถที่จะเรียกภาพที่บันทึกไว้ออกมาดูได้โดย ใช้ Digital Video System (DVS) ผู้ควบคุมระบบสามารถเข้าไปในระบบ DVS ที่สถานีและ ศูนย์ซ่อมได้ถ้าต้องการ เช่น

1. ระบบเตือนภัยไฟไหม้และ call points ต่อเชื่อมกับระบบ SCADA โดยระบบจะสวิตซ์ ภาพขึ้นจอของสถานีและของ CCR
2. พนักงานควบคุมรถไฟจอแสดงผลบนรถไฟเพื่อตรวจสอบการเคลื่อนตัวเข้าและออกจาก รถไฟของผู้โดยสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เจ้าหน้าที่ควบคุมรถบนศูนย์ซ่อมบำรุง ตรวจสอบติดตามการเคลื่อนที่ของรถไฟในศูนย์ซ่อมบำรุงทั้งหมด รวมถึงบริเวณเข้า ออกศูนย์ซ่อมบำรุงจากเส้นทางหลักด้วย



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างระบบโทรทัศนวงจรปิด

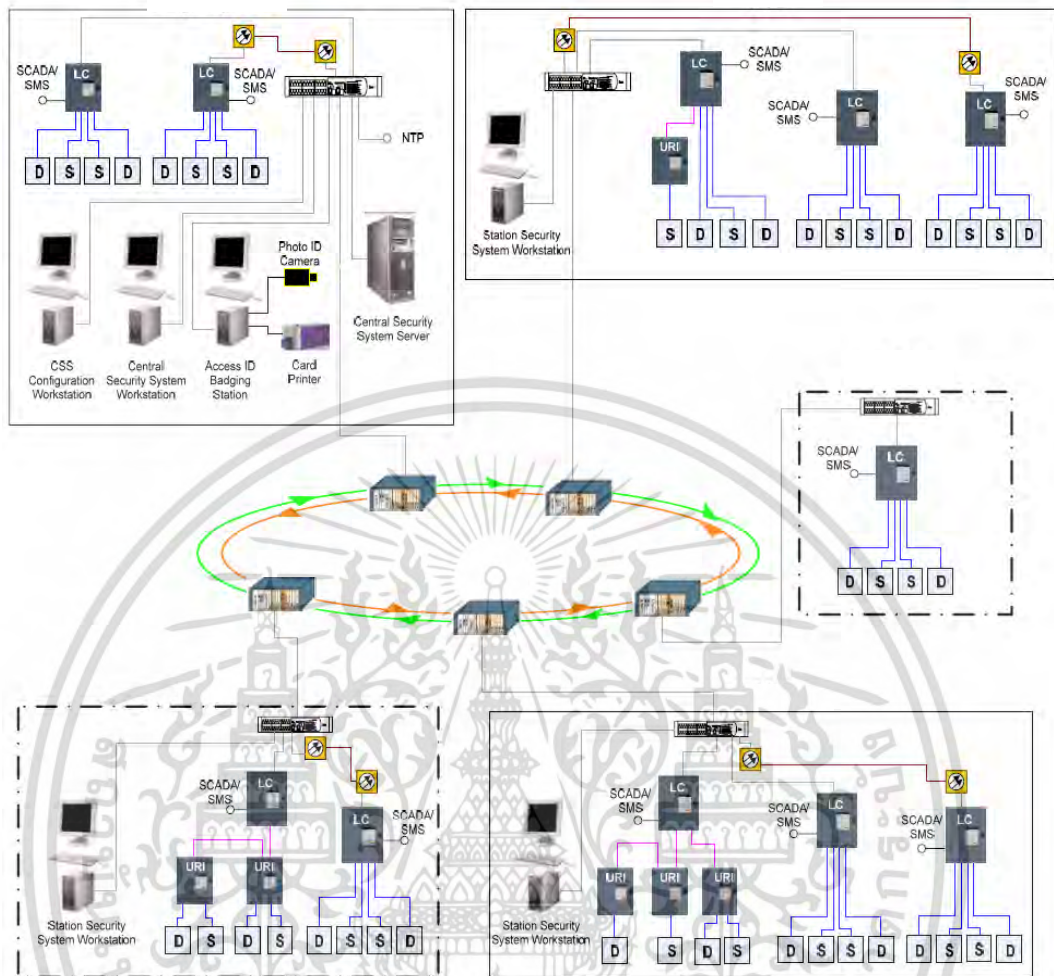
2.4.2.2.ระบบควบคุมการเข้าออกพื้นที่ (Controlled Access Security System, CASS)

ระบบควบคุมการเข้าออกพื้นที่นี้ ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่เข้า - ออกพื้นที่ของบุคคลตามที่ได้ออกแบบหรือกำหนดไว้ได้ การกำหนดระดับของการอนุญาตสามารถทำได้โดยกำหนดให้เฉพาะบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง สามารถผ่านเข้าพื้นที่นั้นๆ ได้เท่านั้นโดยใช้ระบบบัตรผ่านที่สามารถกำหนดได้หลายระดับ แบ่งตามความจำเป็นในการเข้าพื้นที่ การตรวจสอบติดตามสามารถทำได้แบบออนไลน์ (Online) ในการควบคุมการเข้าออกพื้นที่ต่างๆ เช่น ห้องเครื่อง ห้องควบคุมสถานีโดยการกำหนดให้มีการส่งสัญญาณเตือนไปยังศูนย์ควบคุมกลางและห้องควบคุมที่สถานีในกรณีที่มีการเข้า - ออกห้องหรือพื้นที่โดยบุคคลต่างๆ ที่มีได้รับอนุญาต ระบบควบคุมการเข้าออกพื้นที่ที่ประกอบไปด้วยการควบคุมหลายระดับ ระบบต้องประกอบไปด้วยอุปกรณ์อย่างน้อยดังต่อไปนี้

1. คอมพิวเตอร์ส่วนกลาง (Central Security Computer) และ Management Workstations
2. คอมพิวเตอร์ที่สถานี (Station Security Computer) และ Management Workstations
3. เครื่องแม่ข่าย (Network Server)
4. ชุดควบคุมท้องถิ่น (Local Controllers)
5. เครื่องอ่านบัตร (Card Readers)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ชุดลิคไฟฟ้าและเซ็นเซอร์ (Electric Lock Facilities and Sensors)



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างระบบควบคุมการเข้าออกพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ความน่าเชื่อถือ ความล้มเหลว และความพร้อมใช้ของระบบ

3.1. บทนำ

ความน่าเชื่อถือ ความล้มเหลว และความพร้อมใช้งานของระบบ ในทางวิศวกรรมจะอยู่ในรูปแบบชุดระเบียบปฏิบัติเชิงคณิตศาสตร์โดยเฉพาะในทางวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้งาน และความสามารถในการบำรุงรักษา (Reliability, Availability and Maintainability, RAM) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจะอยู่ในรูปของสมการทางสถิติและความน่าจะเป็นทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะอยู่ในโดเมนเวลาที่อุปกรณ์ อาจเกิดความล้มเหลว หรือมีความเป็นไปได้ที่อุปกรณ์จะเกิดความล้มเหลว เวลาของอุปกรณ์แต่ละประเภทจะเกิดความล้มเหลวแตกต่างกัน ซึ่งไม่สามารถพิสูจน์ทราบได้อย่างแน่ชัด ในทางปฏิบัติ ดังนั้นเวลาที่อุปกรณ์ต้องการบำรุงรักษาจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่อุปกรณ์นั้นถูกติดตั้งและใช้งานเป็นหลักสำคัญ เนื่องจากพารามิเตอร์ หรือตัวแปรของ RAM ถูกกำหนดในรูปสมการ ความน่าจะเป็น ดังนั้นพารามิเตอร์ความน่าจะเป็น เช่น ตัวแปรตามแบบสุ่ม ฟังก์ชันความหนาแน่นการกระจายตัว และฟังก์ชันการแจกแจงความถี่ จึงถูกใช้สำหรับสร้างทฤษฎีความน่าเชื่อถือ การศึกษาความน่าเชื่อถือจะเกี่ยวกับตัวแปรทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ตัวอย่างตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่องคือจำนวนครั้งการเกิดความล้มเหลวของอุปกรณ์ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตัวอย่างตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องคือระยะเวลาตั้งแต่อุปกรณ์ถูกติดตั้งจนกระทั่งอุปกรณ์นั้นเกิดความล้มเหลวหรือระยะเวลา ระหว่างความล้มเหลวของอุปกรณ์

3.2. ทฤษฎีความน่าเชื่อถือ

ทฤษฎีความน่าเชื่อถือของระบบ และการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ Reliability Block Diagram หรืออาบีดี (RBD) มีหลายชนิด จุดประสงค์ของแต่ละวิธี และความสามารถในการใช้งานของแต่ละกลุ่มหรือรวมกันในการประเมินความน่าเชื่อถือและความพร้อมใช้งานของระบบ องค์ประกอบที่กำหนดควรได้รับการตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ก่อนที่จะเริ่มงานใน RBD นอกจากนี้ควรพิจารณาถึงผลลัพธ์ที่ได้รับจากแต่ละวิธีซึ่งมีข้อมูลที่เป็นในการวิเคราะห์ความซับซ้อนของการวิเคราะห์และปัจจัยอื่น ๆ ที่ระบุไว้ด้วย แผนภาพความน่าเชื่อถือ (RBD) คือการแสดงผลภาพของประสิทธิภาพความน่าเชื่อถือของระบบ แสดงการเชื่อมต่อเชิงตรรกะของส่วนประกอบการทำงาน ที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบที่ประสบความสำเร็จ หรือจะเรียกว่า ความสำเร็จของระบบ (System success)

ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่สะสม $F(t)$ ถูกใช้เป็นส่วนการความน่าจะเป็นในการทดสอบหาตัวแปรตามซึ่งมีค่าไม่เกินเวลา t หรือ ตามสมการที่ (3.1) ดังนี้

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(t)dt \quad (3.1)$$

เมื่อ $f(t)$ คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของตัวแปรตามทีเวลา t ใด ๆ ที่อุปกรณ์เกิดความล้มเหลว

$F(t)$ คือ สมการแสดงความไม่น่าเชื่อถือของระบบขณะเกิดความล้มเหลวของอุปกรณ์ เมื่อแทนค่าเวลา $t = 0$ จะได้ $F(t) = 0$ ดังนั้นหากสมการเปลี่ยนเป็น $t=0$ ถึง t และตัวแปรสุ่ม t เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง สมการอนุพันธ์จะเปลี่ยนเป็นผลรวมของเหตุการณ์ที่เวลา $t=0$ ถึง t ดังนั้นสมการความน่าเชื่อถือได้ $R(t)$ จะแสดงดังสมการที่ (3.2)

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt \quad (3.2)$$

จากสมการ (3.2) แสดงการหาอนุพันธ์ดังสมการที่ (3.3)

$$\frac{-dR(t)}{dt} = f(t) \quad (3.3)$$

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความล้มเหลวขึ้นในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 จึงสามารถอธิบายได้ด้วยสมการความน่าเชื่อถือได้ แสดงดังสมการที่ (3.4)

$$\int_{t_1}^{\infty} f(t)dt - \int_{t_2}^{\infty} f(t)dt = R(t_1) - R(t_2) \quad (3.4)$$

อัตราการเกิดความล้มเหลว $\lambda(t)$ ของอุปกรณ์ในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 จึงเป็นส่วนสำคัญของความน่าจะเป็นที่จะเกิดความล้มเหลวขึ้นเทียบกับระยะเวลา สามารถแสดงดังสมการ (3.5)

$$\lambda(t) = \frac{R(t_1) - R(t_2)}{(t_2 - t_1)R(t_1)} \quad (3.5)$$

เมื่อ $t = t_1$ ถึง $t_2 = t + \Delta t$

$$\lambda(t) = \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t R(t)} \quad (3.6)$$

อัตราการเกิดอันตราย (Hazard rate, $h(t)$) หรือความล้มเหลวขึ้นอย่างฉับพลัน สามารถประเมินได้จากการกำหนด $\Delta t \rightarrow 0$ ในสมการอัตราความล้มเหลว $\lambda(t)$ จะได้ดังสมการที่ (3.7)

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t R(t)}$$

$$h(t) = \frac{-1}{R(t)} \left[\frac{dR(t)}{dt} \right] = \frac{1}{R(t)} \left[\frac{-dR(t)}{dt} \right] \quad (3.7)$$

แทนค่าสมการ (3.7) ด้วยสมการ (3.3) จะได้ดังสมการที่ (3.8)

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3.8)$$

สมการข้างต้นเป็นหนึ่งในความสัมพันธ์พื้นฐานของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือซึ่งมีความสำคัญ เพราะเป็นฟังก์ชันการกระจายตัวเชิงสถิติ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากทราบเวลาจนกระทั่งอุปกรณ์เกิดความล้มเหลว (Time to Failure, $f(t)$) และฟังก์ชันความน่าเชื่อถือ $R(t)$ จะทำให้สามารถประเมินอัตราการเกิดอันตราย ณ เวลา t ใด ๆ ได้จากสมการ (3.8) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดอันตราย $h(t)$ จากการความล้มเหลว $f(t)$ บนความน่าเชื่อถือ $R(t)$ ของอุปกรณ์ ณ เวลา t ใด ๆ

สมการที่ (3.7) อธิบายได้ว่าอัตราการเกิดอันตรายเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงอัตราความคงทนต่อหน่วยเวลาที่เปลี่ยนไป

เพื่อให้เข้าใจแนวคิดได้ชัดเจนยิ่งขึ้นผู้วิจัยขอยกตัวอย่างการทดสอบอุปกรณ์โดยเริ่มที่ความน่าเชื่อถือที่ t_0 ด้วยจำนวนอุปกรณ์ N_0 ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปเป็นเวลา t ทำให้อุปกรณ์ถูกใช้งานและเกิดความล้มเหลวขึ้นและเสียหายไปส่วนหนึ่ง N_s จนกระทั่งทำให้เหลืออุปกรณ์ที่ใช้ได้เป็นจำนวน N_f ณ เวลาสุดท้ายที่พิจารณา $N_s(N_0 = N_f + N_s)$ จะได้สมการความน่าเชื่อถือที่ เวลา t ใด ๆ

$$R(t) = \frac{N_s}{N_0} \quad (3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{N_o - N_f}{N_o} = 1 - \frac{N_f}{N_o} \quad (3.10)$$

จากสมการที่ (3.3) จะได้

$$f(t) = \frac{-dR(t)}{dt} = \frac{1}{N_o} \frac{dN_f}{dt} \quad (3.11)$$

ดังนั้น ฟังก์ชันความหนาแน่นของความล้มเหลวจะแสดงสัดส่วนของจำนวนอุปกรณ์เมื่อเริ่มต้น N_o กับปริมาณอุปกรณ์ที่เกิดการล้มเหลว ขึ้นในช่วงเวลา $(t, t + \Delta t)$ สมการที่ (3.5) (3.9) และ (3.11) สามารถประเมินได้เป็น

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{1}{N_o} \frac{dN_f}{dt}}{\frac{N_f}{N_o}} = \frac{1}{N_s} \frac{dN_f}{dt} \quad (3.12)$$

ดังนั้น ฟังก์ชันความอันตราย $h(t)$ จึงเป็นส่วนกลับของอุปกรณ์ที่คงทนอยู่ได้ในช่วงเวลา $(t, t + \Delta t)$

การเปรียบเทียบสมการที่ (3.6) และสมการที่ (3.7) กับอัตราการเกิดความล้มเหลว (Failure Rate) $\lambda(t)$ และอัตราการเกิดอันตราย Hazard Rate $h(t)$ ค่อนข้างมีความแตกต่างกันในทางคณิตศาสตร์ ปกติจะถูกนำไปใช้งานโดยมีความหมายที่คล้ายคลึงกันในทางปฏิบัติของงานวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ สามารถอธิบายอัตราการอันตรายกับอัตราการล้มเหลวได้โดยอุปมาว่า หากมีครอบครัวหนึ่งเดินทาง 200 กิโลเมตรได้ภายในเวลา 4 ชั่วโมง ดังนั้นความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แม้ว่าจะมีบางช่วงเวลาที่ครอบครัวนี้จะใช้ความเร็วเร็วกว่าหรือช้ากว่าความเร็วโดยเฉลี่ยอยู่บ้าง หากต้องการทราบความเร็วช่วงขณะหนึ่งต้องตรวจสอบที่เครื่องมือวัดความเร็ว ณ ขณะนั้น ดังนั้นความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็นอัตราการล้มเหลวเชิงเส้นและความเร็ว ณ ขณะใด ๆ ตลอดการเดินทางคืออัตราการอันตรายเชิงเส้น

จากสมการที่ (3.8) สามารถอธิบายอัตราการเกิดอันตรายจากความล้มเหลวของอุปกรณ์ให้อยู่ในรูปของสมการความน่าเชื่อถือได้ $R(t)$ ดังนี้

$$h(t) = \frac{-1}{R(t)} \left[\frac{dR(t)}{dt} \right] \quad (3.13)$$

$$-h(t)dt = \frac{dR(t)}{R(t)}$$

ทำการอินทิเกรตทั้งสองข้างของสมการ (3.13) จะได้ดังสมการที่ (3.14)

$$\int_0^t \frac{dR(t)}{R(t)} = - \int_0^t h(t)dt$$

$$\ln R(t) - \ln R(0) = - \int_0^t h(t)dt$$

แต่

$$R(0) = 1, \ln R(0) = 0$$

$$R(t) = \exp \left[- \int_0^t h(t)dt \right] \quad (3.14)$$

สมการที่ (3.14) เป็นรูปทั่วไปเมื่อพิจารณาให้อัตราความอันตรายจากการเกิดความล้มเหลวเป็นค่าคงที่จะได้สมการอัตราการเกิดความล้มเหลวคงที่ (λ) ซึ่งจะเป็นจริงเสมอสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า [21]

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (3.15)$$

สมการข้างต้นถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ อย่างไรก็ตามการนำไปใช้จำเป็นต้องมีข้อมูลอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ที่เชื่อถือได้ สมการสามารถนำไปใช้สำหรับคำนวณหาความน่าเชื่อถือได้ของระบบที่อยู่ในรูปของระยะเวลาที่อุปกรณ์จะเกิดความล้มเหลว (Mean Time To Failure, MTTF) และช่วงเวลาระหว่างการล้มเหลวของอุปกรณ์ (Mean Time Between Failure, MTBF) ดังตารางสรุปสมการสำหรับประเมินความน่าเชื่อถือ [22]

ตารางที่ 3.1 สมการพื้นฐานสำหรับประเมินความน่าเชื่อถือ

ฟังก์ชันความเป็นไปได้ที่จะ เกิดความล้มเหลว	$f(t)$
สมการความน่าเชื่อถือพื้นฐาน	$R(t) = \int_t^\infty f(t)dt = \exp \left[- \int_0^t h(t)dt \right]$

อัตราความอันตราย อัตราการเกิดความล้มเหลว	$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$ $\lambda(t) = \int_0^t h(t)dt$
MTTF (กรณีอุปกรณ์เสียแล้วไม่ซ่อม)	$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt$
MTBF (อัตราการเกิดความล้มเหลว คงที่ และซ่อมเมื่อเกิดความล้มเหลว)	$MTBF = \frac{T(t)}{r} = 1/\lambda$ <p>เมื่อ $T(t)$ = รวมเวลาใช้งาน และ r = จำนวนการเกิดความล้มเหลวและ λ = อัตราความล้มเหลว (ครั้งต่อชั่วโมงทำงาน)</p>
MTTR	เวลาที่ใช้สำหรับซ่อมบำรุงอุปกรณ์แต่ละตัว
MDT	MDT = MTTR + Administrative Time (ถ้ามี)

ความน่าเชื่อถือได้ของระบบนอกจากจะคำนวณได้จากสมการพื้นฐานของความน่าจะเป็นเชิงสถิติแล้วยังสามารถคำนวณได้จากผลรวมเชิงฟังก์ชันของความน่าเชื่อถือของแต่ละชิ้นส่วน [19]

การทำนายความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถดำเนินการด้วยวิธี Part Count Reliability Prediction [20] ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับทำนายความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ที่อยู่ในระหว่างการออกแบบและข้อมูลการติดตั้งอุปกรณ์ไม่สามารถหาได้อย่างครบถ้วน โดยมีสมการดังนี้

$$\lambda_{EQUIP} = \sum_{i=1}^{i=n} N_i(\lambda_g \pi_Q)_i \quad (3.16)$$

เมื่อ

λ_{EQUIP} คือ ผลรวมการล้มเหลวของอุปกรณ์ (ครั้งต่อชั่วโมงการทำงาน)

λ_g คือ อัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ ตัวที่ i

π_Q คือ ปัจจัยคุณภาพของอุปกรณ์ ตัวที่ i

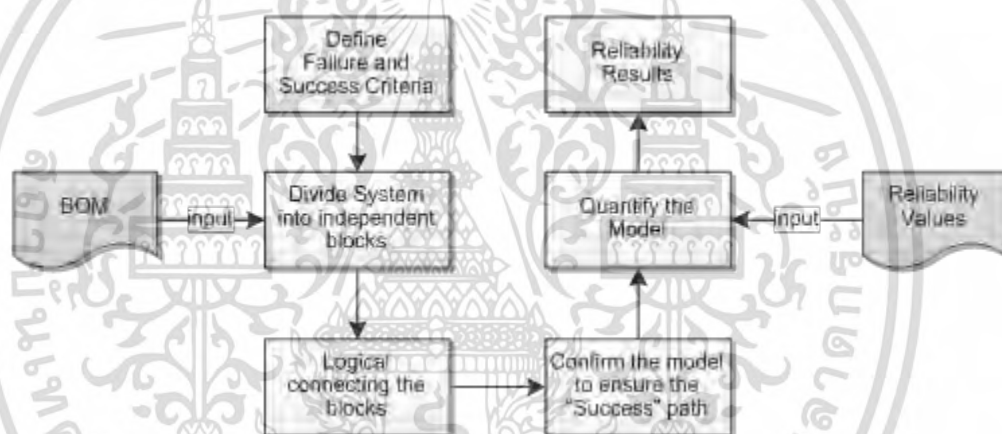
n คือ จำนวนอุปกรณ์ที่ต่างกัน

3.3. การสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือด้วยแผนภาพบล็อกความน่าเชื่อถือ

ในหัวข้อนี้ จะอธิบายขั้นตอนสำหรับการสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือได้ของระบบและการใช้แบบจำลองเพื่อคำนวณมาตรการความน่าเชื่อถือและความพร้อมใช้งาน เทคนิคการสร้างแบบจำลอง RBD มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้กับระบบที่ไม่มีอาการซ่อมแซมเป็นหลักและไม่ให้ความสำคัญกับลำดับที่เกิดความล้มเหลว หรือลำดับความเสียหายของอุปกรณ์ สำหรับระบบที่ต้องคำนึงถึงลำดับความล้มเหลวหรือใน

กรณีที่ต้องดำเนินการซ่อมแซม เช่นเทคนิคการสร้างแบบจำลองอื่น ๆ เช่นการวิเคราะห์ Markov จะเหมาะสมกว่า

หนึ่งในสมมติฐานพื้นฐานที่สุดที่นี่คือสมมติฐานที่ว่าส่วนประกอบ หรือบล็อกที่แสดงถึงส่วนประกอบนี้ สามารถมีได้สองสถานะเท่านั้น นั่นคือ สถานะกำลังทำงาน (“Up” State) และสถานะล้มเหลว (“Down” State) ข้อสันนิษฐานที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือความล้มเหลว (หรือการซ่อมแซม) ของบล็อกใด ๆ จะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อความน่าจะเป็นของความล้มเหลว บล็อกอื่นใดภายในระบบที่กำลังจำลอง ซึ่งหมายความว่าควรมีทรัพยากรในการซ่อมแซมที่เพียงพอเพื่อให้บริการบล็อกเหล่านั้นที่ต้องการการซ่อมแซม เช่นเมื่อมีตั้งแต่คนสองคนขึ้นไปกำลังซ่อมแซมบล็อกหนึ่ง ๆ ในเวลาเดียวกันก็จะได้ไม่ได้รับผลกระทบในทางอื่น หรือต่อระบบโดยรวม ดังนั้นความล้มเหลวและการซ่อมแซมแต่ละบล็อกจึงถือว่าเป็นเหตุการณ์ที่ไม่ขึ้นกับสถิติ



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการพัฒนา

3.3.1. กำหนดเกณฑ์ความล้มเหลวและความสำเร็จ (Define Failure and Success criteria)

ข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือของระบบคือความเข้าใจอย่างถูกต้องเกี่ยวกับวิธีการที่ระบบสามารถทำงานได้ ระบบมักต้องการนิยามความสำเร็จ และความล้มเหลวมากกว่าหนึ่งรายการ สิ่งเหล่านี้ควรได้รับการกำหนด และสิ่งสำคัญคือต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าเกณฑ์ความล้มเหลวของระบบได้รับการกำหนดอย่างถูกต้อง ในทางตรงกันข้ามเกณฑ์ความสำเร็จจะถูกกำหนดไว้ด้วย การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะกระทำในระดับภาพรวม โดยการวิเคราะห์ผลกระทบของการสูญเสียฟังก์ชันที่จำเป็นของระบบต่อภารกิจของการดำเนินการโดยรวม มันจะให้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับฟังก์ชันที่สำคัญของระบบ สำหรับการสอบฟังก์ชันการควบคุมมี

ความสำคัญต่อการควบคุมอุปกรณ์ในสถานการณ์ฉุกเฉินเป็นต้นเกณฑ์เหล่านี้จะใช้เป็นบรรทัดฐานเพื่อกำหนดบล็อกและการกำหนดค่าเชิงตรรกะ สำหรับบล็อกในขั้นตอนต่อไป

แผนภาพ RBD สามารถสร้างได้ในระดับต่างๆ เช่น ระดับระบบย่อย (โมดูล) หรือระดับการประกอบ เมื่อมีการสร้าง RBD เพื่อการวิเคราะห์เพิ่มเติม (เช่นสำหรับการวิเคราะห์ FMEA: Failure Mode and Effect Analysis) จะต้องเลือกระดับที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ดังกล่าว นอกจากนี้ควรมีข้อความที่ชัดเจนเกี่ยวกับ

- ฟังก์ชันที่จะดำเนินการ
- พารามิเตอร์ประสิทธิภาพและขีดจำกัด ที่อนุญาตสำหรับพารามิเตอร์ดังกล่าว
- สภาพแวดล้อมและสภาพการใช้งาน

อาจจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงคุณภาพต่าง ๆ ในการสร้าง RBD ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดนิยามความสำเร็จ และล้มเหลวของระบบ สำหรับนิยามความสำเร็จ และความล้มเหลวของระบบ ในแต่ละขั้นตอนต่อไป คือการแบ่งระบบออกเป็นบล็อก ตรรกะที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ บล็อกเฉพาะอาจแสดงโครงสร้างย่อยของระบบซึ่งอาจแสดงโดย RBD อื่นๆ สำหรับการประเมินเชิงปริมาณของ RBD มีหลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของโครงสร้าง กรณีนี้ใช้ทฤษฎีบูลีน การคำนวณอาจทำได้โดยใช้วิธีความน่าเชื่อถือ และความพร้อมใช้งานขององค์ประกอบพื้นฐานและวิธีการวิเคราะห์หรือการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) ข้อได้เปรียบของการจำลองแบบมอนติคาร์โล คือเหตุการณ์ใน RBD ไม่จำเป็นต้องรวมกันในเชิงวิเคราะห์เนื่องจากการจำลองจะพิจารณาว่าแต่ละบล็อกล้มเหลวหรือสามารถทำงานได้

เนื่องจากแผนภาพความน่าเชื่อถืออธิบายถึงความสัมพันธ์เชิงตรรกะที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบ แผนภาพจึงไม่จำเป็นต้องแสดงถึงวิธีที่ฮาร์ดแวร์เชื่อมต่อทางกายภาพแม้ว่าโดยทั่วไปแล้ว RBD จะติดตามการเชื่อมต่อระบบทางกายภาพเท่าที่จะทำได้

3.3.2. การแบ่งระบบออกเป็นบล็อกอิสระ (Divide System into independent blocks)

ในแต่ละฟังก์ชันที่กำหนดไว้และเกณฑ์ความล้มเหลว และความสำเร็จ ที่แสดงรายการขึ้นส่วนทั้งหมด (Bill of Material : BOM) สามารถจัดกลุ่มตามฟังก์ชันได้ ในขั้นตอนนี้จะมีการเชื่อมต่อบล็อกขนาดใหญ่ของฟังก์ชันหลักและบล็อกขนาดเล็ก (ส่วนประกอบ) ในแต่ละฟังก์ชันจะถูกจัดกลุ่มเข้าด้วยกัน

3.3.3. แผนภาพตรรกะการเชื่อมต่อ (Logical connecting the blocks)

ในแต่ละกลุ่มการทำงานบล็อกขนาดเล็ก (ส่วนประกอบย่อย) จะเชื่อมต่อการกำหนดค่าเชิงตรรกะ ขึ้นอยู่กับความสำคัญของฟังก์ชันของแต่ละบล็อกขนาดเล็กการกำหนดค่าสามารถช่วยผู้ออกแบบในการปรับปรุงความน่าเชื่อถือของวิกฤตเช่นโดยการเพิ่มคอมโพเนนต์ที่ซ้ำซ้อนเพื่อให้ระบบเปลี่ยนไปใช้หน่วยที่พร้อมใช้งานเมื่อเกิดความล้มเหลว การเชื่อมต่อระหว่างบล็อกสามารถจัดกลุ่มได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ เช่น แบบอนุกรม (Series) แบบขนาน (Parallel) หรือซ้ำซ้อน (Redundancy) และ m-out-of-n ที่มีความซ้ำซ้อนมากขึ้น

ขั้นตอนแรกคือการเลือกนิยามความสำเร็จ และความล้มเหลวของระบบ หากเกี่ยวข้องกับมากกว่าหนึ่งคำจำกัดความอาจต้องใช้แผนภาพความน่าเชื่อถือแยกกันสำหรับแต่ละข้อ ขั้นตอนต่อไปคือการแบ่งระบบออกเป็นบล็อกเพื่อสะท้อนพฤติกรรมเชิงตรรกะ เพื่อให้แต่ละบล็อกมีความเป็นอิสระทางสถิติจากบล็อกอื่น ๆ และมีขนาดใหญ่ที่สุด ในเวลาเดียวกันแต่ละบล็อกควรจะไม่ซ้ำซ้อนกัน ในทางปฏิบัติอาจจำเป็นต้องพยายามหลายครั้งในการสร้างแผนภาพความน่าเชื่อถือ ขั้นตอนต่อไปคือการอ้างถึงนิยามความสำเร็จ และความล้มเหลวของระบบและสร้างแผนภาพที่เชื่อมต่อบล็อกเพื่อสร้าง "เส้นทางความสำเร็จ" ดังที่ระบุไว้ในแผนภาพที่ตามมาเส้นทางความสำเร็จต่างๆระหว่างพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของแผนภาพจะผ่านการรวมกันของบล็อกที่ต้องทำงานเพื่อให้ระบบทำงาน หากจำเป็นต้องใช้บล็อกทั้งหมดเพื่อให้ระบบทำงานได้แผนภาพความน่าเชื่อถือที่สอดคล้องกันจะเป็นหนึ่งในบล็อกทั้งหมดที่เชื่อมต่อกันเป็นชุดดังแสดงในรูปที่ 3.2

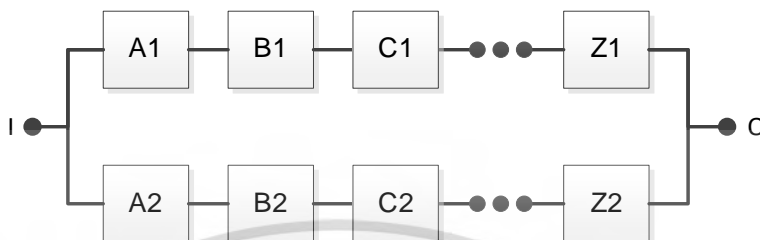


รูปที่ 3.2 แผนภาพความน่าเชื่อถือแบบอนุกรม

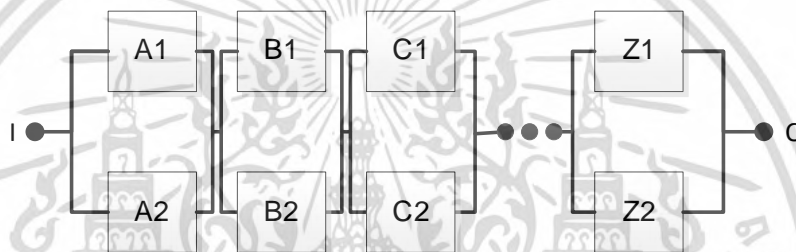
ในแผนภาพนี้ "I" คือพอร์ตอินพุต "O" พอร์ตเอาต์พุตและ A, B, C, ... Z คือบล็อกที่รวมกันเป็นระบบ ไดอะแกรมประเภทนี้เรียกว่าบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ "Series" หรือ "แบบจำลองอนุกรม"

ในกรณีระบบมีความซับซ้อนและจำเป็นต้องใช้แผนภาพความน่าเชื่อถือประเภทอื่น เมื่อความล้มเหลวของส่วนประกอบเดียวหรือ "บล็อก" เพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อประสิทธิภาพเพียงพอ ต่อระบบเท่าที่เกี่ยวกับคำจำกัดความของความสำเร็จ และความล้มเหลวของระบบ ตัวอย่างเช่น หากแผนภาพความน่าเชื่อถือแบบอนุกรมทั้งหมดซ้ำกัน แสดงดังรูปที่ 3.3 หรืออีกวิธีหนึ่งหากแต่ละบล็อกในลิงก์ซ้ำกันแผนภาพบล็อกจะแสดงดังรูปที่ 3.4 แผนภาพประเภทนี้เรียกว่าแผนภาพความน่าเชื่อถือแบบขนานหรือ แบบจำลองคู่ขนาน โปรดทราบว่าคำว่า "ซ้ำ"

(Duplicated) "ซ้ำซ้อน" (Redundancy) และ "คู่ขนาน" (Parallel) มีความหมายคล้ายกันมาก และมักใช้แทนกันได้

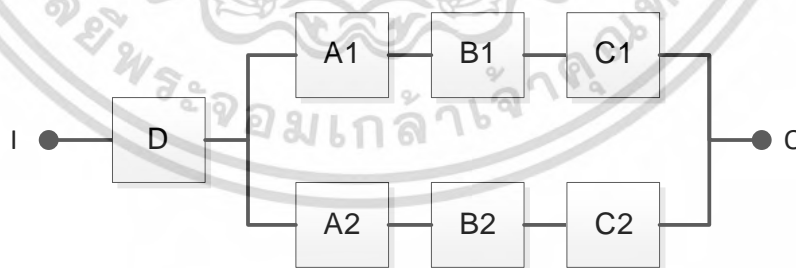


รูปที่ 3.3 แผนภาพความน่าเชื่อถือแบบอนุกรม-ขนาน (Duplicated/Parallel-Series)

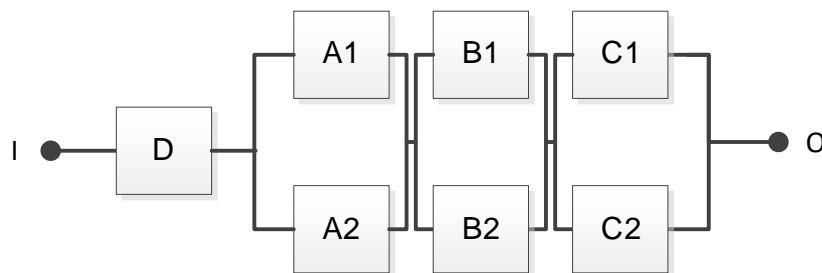


รูปที่ 3.4 แผนภาพความน่าเชื่อถือแบบขนาน-อนุกรม (Series-Duplicated/Parallel)

แผนภาพความน่าเชื่อถือที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือของระบบมักจะเป็น ส่วนผสมของอนุกรมและแผนภาพขนานที่ซับซ้อนกว่า แผนภาพดังกล่าวจะเกิดขึ้นหากต้องพิจารณา ตัวอย่างประกอบด้วยลิงก์การสื่อสารที่ซ้ำกันซึ่งประกอบด้วยตัวทำซ้ำ A, B และ C สามตัวและบล็อก แหล่งจ่ายไฟทั่วไป (แทนด้วย D) แผนภาพผลลัพธ์จะอยู่ในรูปของรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6

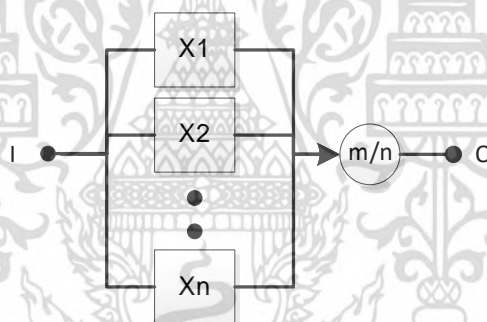


รูปที่ 3.5 แผนภาพความน่าเชื่อถือแบบผสม (Mixed Redundancy)

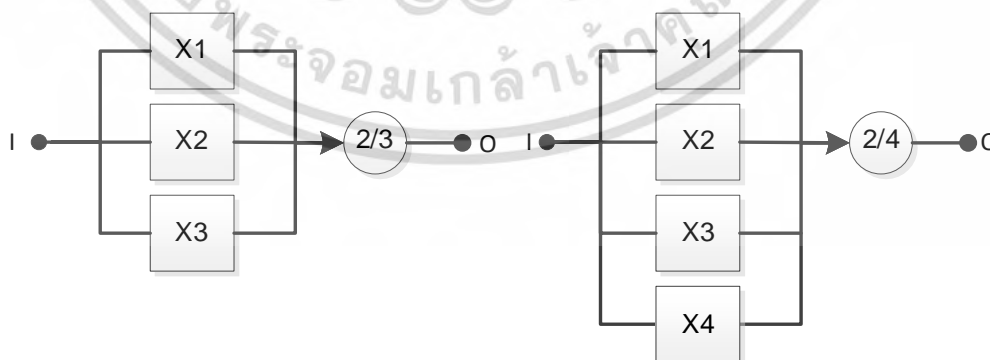


รูปที่ 3.6 แผนภาพความน่าเชื่อถือแบบผสมชนิดอื่น (Another type of mixed Redundancy)

เนื่องจากความเป็นอิสระทางสถิติที่ระบุไว้ข้างต้นความล้มเหลวของการบล็อกใด ๆ จะไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นของความล้มเหลวของบล็อกอื่นใดภายในระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความล้มเหลวของบล็อกซ้ำซ้อนจะไม่ส่งผลกระทบต่อแหล่งจ่ายไฟของระบบหรือแหล่งสัญญาณ ความจำเป็นมักจะเกิดขึ้นกับระบบแบบจำลองที่นิยามความสำเร็จคือ m หรือมากกว่าจาก n รายการที่เชื่อมต่อแบบขนานจำเป็นสำหรับความสำเร็จของระบบ จากนั้นบล็อกใดอะแกมความน่าเชื่อถือจะอยู่ในรูปแบบดังรูปที่ 3.7 หรือรูปที่ 3.8



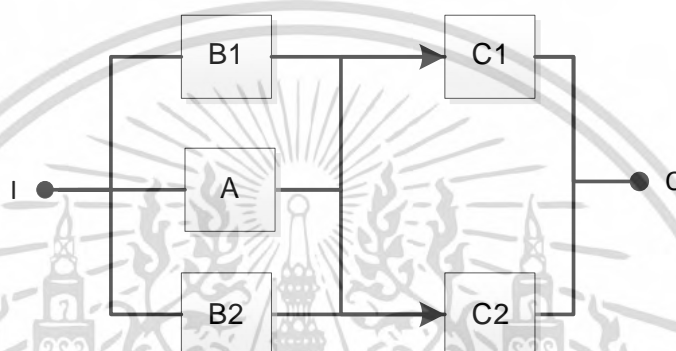
รูปที่ 3.7 แผนภาพความน่าเชื่อถือซ้ำซ้อน m out of n



รูปที่ 3.8 แผนภาพความน่าเชื่อถือซ้ำซ้อน 2 out of 3 และ 2 out of 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในรูปที่ 3.8 ในกรณี 2/3 ความล้มเหลวของหนึ่งรายการสามารถยอมรับได้ แต่ความล้มเหลวของสองรายการขึ้นไปเป็นที่ยอมรับไม่ได้ ในกรณี 2/4 คือความล้มเหลวของสองรายการสามารถยอมรับได้ แต่ความล้มเหลวของสามรายการขึ้นไปเป็นที่ยอมรับไม่ได้ บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือส่วนใหญ่สามารถเข้าใจได้ง่ายและมีเงื่อนไขสำหรับความสำเร็จของระบบอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามไม่ใช่ทุกแผนภาพที่สามารถทำให้ง่ายขึ้น โดยเป็นการรวมอนุกรมหรือระบบขนาน ดังแผนภาพในรูปที่ 3.9 เป็นตัวอย่าง



รูปที่ 3.9 แผนภาพความน่าเชื่อถือชนิดซับซ้อน

โดยปกติแผนภาพสามารถอธิบายตนเองได้ ความสำเร็จของระบบจะเกิดขึ้นได้หากรายการ B1 และ C1 ทำงานได้ทั้งคู่หรือรายการ A และ C1 หรือ A และ C2 หรือสุดท้ายคือ B2 และ C2 รูปที่ 3.8 อาจแสดงถึงการจ่ายเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ของเครื่องบินเบา รายการ B1 หมายถึงอุปทานไปยังเครื่องยนต์พอร์ต (C1) รายการ B2 แสดงถึงอุปทานไปยังเครื่องยนต์กราบขวา (C2) และรายการ A แสดงถึงแหล่งจ่ายสำรองสำหรับเครื่องยนต์ทั้งสอง นิยามความสำเร็จ และความล้มเหลวของระบบคือเครื่องยนต์ทั้งสองต้องล้มเหลวก่อนที่เครื่องบินจะล้มเหลว

ควรสังเกตว่าในแผนภาพด้านบนทั้งหมดไม่มีบล็อกใดปรากฏมากกว่าหนึ่งครั้งในแผนภาพที่กำหนด ขั้นตอนในการพัฒนานิพจน์ความน่าเชื่อถือสำหรับไดอะแกรมประเภทนี้ระบุไว้ในแบบจำลองที่ความซับซ้อน

3.3.4. ตรวจสอบโมเดลเพื่อให้แน่ใจว่าเส้นทางมีความสำเร็จ

แผนภาพจะต้องมีการยืนยันร่วมกันระหว่าง วิศวกรความน่าเชื่อถือและวิศวกรระบบเพื่อให้แน่ใจว่ามีความเข้าใจตรงกันเกี่ยวกับเส้นทางความสำเร็จของ RBD และความล้มเหลวของแผนภาพ

3.3.5. การหาจำนวนแบบจำลอง

หลังจากที่ RBD ถูกสร้างแล้ว จะสามารถหาปริมาณ หรือจำนวนได้ตามฟังก์ชันการทำงานของระบบ

3.3.6. สรุปผลความน่าเชื่อถือ

ผลลัพธ์จะสรุปตามเกณฑ์ความล้มเหลวและความสำเร็จที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ซึ่งประเด็นการปรับปรุงที่เป็นไปได้ทั้งหมดได้รับการแก้ไขจากมุมมองความน่าเชื่อถือไปยังวิศวกรระบบเพื่อให้เข้าใจถึงจุดแข็งและจุดอ่อนในแง่ของความน่าเชื่อถือของระบบ

3.4. การประเมินผลแบบจำลอง

จากความน่าเชื่อถือของระบบกำหนดให้เป็น $R_S(t)$, คือความน่าจะเป็นที่ระบบสามารถทำหน้าที่ที่ต้องการได้โดยไม่เกิดความล้มเหลวภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้สำหรับช่วงเวลาที่กำหนด $(0, t)$ โดยทั่วไปนี้ถูกกำหนดโดยความสัมพันธ์ดังสมการที่ (3.17)

$$F_S = 1 - R_S \quad (3.17)$$

3.4.1. การกำหนดค่าอนุกรม (Series Configuration)

ความน่าเชื่อถือของระบบแบบอนุกรม ซึ่งเป็นระบบที่ง่าย และไม่ซับซ้อนมีอุปกรณ์ไม่มาก



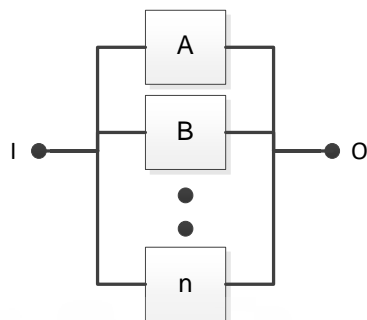
รูปที่ 3.10 แผนภาพแบบอนุกรมของอุปกรณ์จำนวน n

ดังนั้นจะสามารถหาความน่าเชื่อถือได้จากสมการ

$$R_S = R_A \cdot R_B \cdot \dots \cdot R_n \quad (3.18)$$

3.4.2. การกำหนดค่าแบบขนาน (Parallel Configuration)

ความน่าเชื่อถือของระบบแบบขนาน ซึ่งเป็นระบบที่มีอุปกรณ์ต่อขนานกัน ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แผนภาพแบบขนานของอุปกรณ์จำนวน n

ดังนั้น สามารถหาความน่าเชื่อถือได้ดังสมการที่ (3.19) - (3.21)

$$F_S = F_A \cdot F_B \cdot \dots \cdot F_n \quad (3.19)$$

$$F_S = (1 - R_A) \cdot (1 - R_B) \cdot \dots \cdot (1 - R_n) \quad (3.20)$$

$$F_S = \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad (3.21)$$

ดังนั้นความน่าเชื่อถือโดยรวมคือสมการที่ (3.22)

$$R_S = 1 - F_S \quad (3.22)$$

หรือแปลงเป็นสมการ (3.23)

$$R_S = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad (3.23)$$

สำหรับระบบที่มีส่วนประกอบเข้าซ้อน 2 ตัว A และ B จะอยู่ในแผนภาพแบบขนาน

$$R_S = 1 - F_A F_B \quad (3.24)$$

$$R_S = 1 - (1 - R_A)(1 - R_B) \quad (3.25)$$

$$R_S = R_A + R_B - R_A R_B \quad (3.26)$$

$$R_S = e^{-\lambda_A t} + e^{-\lambda_B t} - e^{-\lambda_A t} e^{-\lambda_B t} \quad (3.27)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก

$$MTTF_S = \int_0^{\infty} R_S(t) dt \quad (3.28)$$

$$MTTF_S = \frac{1}{\lambda_A} + \frac{1}{\lambda_B} - \frac{1}{(\lambda_A + \lambda_B)} \quad (3.29)$$

$$MTTF_S = \frac{\lambda_A^2 + \lambda_B^2 + \lambda_A \lambda_B}{\lambda_A^2 \lambda_B + \lambda_A \lambda_B^2} \quad (3.30)$$

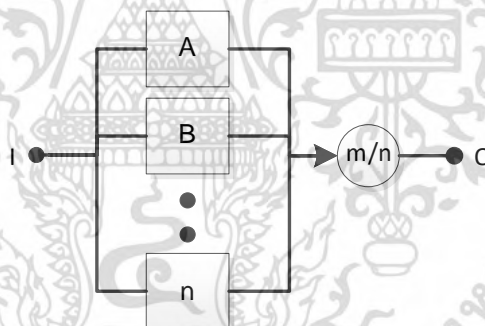
เมื่อ $\lambda_A = \lambda_B = \lambda$

$$MTTF_S = \frac{3}{2\lambda} \quad (3.31)$$

สมการนี้จะใช้ในรายงานนี้เพื่อคำนวณ MTTF ของส่วนประกอบที่ซ้ำซ้อน

3.4.3. การกำหนดค่า m out of n (m out of n Configuration)

สมการความน่าเชื่อถือของระบบของระบบโดยรวม m จาก n จาก n เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความสำเร็จของระบบ



รูปที่ 3.12 แผนภาพแบบ m out of n

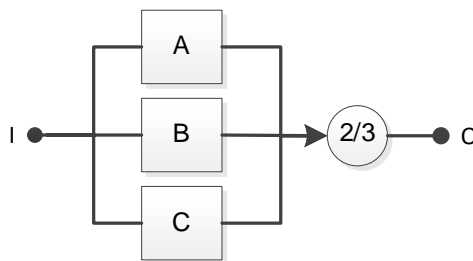
ความน่าเชื่อถือของระบบกำหนดโดยสมการที่ (3.32)

$$R_S = \sum_{r=0}^{n-m} \binom{n}{r} \cdot R^{n-r} \cdot (1 - R)^r \quad (3.32)$$

3.4.4. โมเดลที่ซับซ้อน (Complex Models)

สำหรับแบบจำลองที่ซับซ้อนมากขึ้น สามารถหาได้โดยการตัดออกเป็นชุดของกลุ่มเล็ก ๆ กำหนดค่าอย่างง่ายและลดลง หลังจากนั้นจึงนำมารวมกัน เพื่อความสะดวกและง่ายไม่ซับซ้อน ตัวอย่างเช่นแผนภาพแบบ 2 out of 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แผนภาพแบบ 2 out of 3

แสดงตารางความจริงบูลีนของแผนภาพ 2 out of 3 เพื่อจัดทำตารางความล้มเหลวและกรณีความสำเร็จทั้งหมดที่สอดคล้องกับสถานะทางตรรกะของแต่ละอุปกรณ์

ตารางที่ 3.2 แสดงตารางความจริงบูลีนของแผนภาพ 2 out of 3

Item			System
A	B	C	
0	0	0	0
0	1	0	0
0	1	1	1
0	0	1	0
1	0	0	0
1	1	0	1
1	1	1	1
1	0	1	1

NOTE: 1 = working, 0 = failed

ความน่าเชื่อถือของระบบสามารถกำหนดได้จากผลของเงื่อนไขความสำเร็จ คือข้อความตัวเอียงตัวหนาในตารางด้านบน

จากตารางความจริงบูลีนของแผนภาพ 2 out of 3 สามารถแสดงดังสมการ (3.33)

$$R_S = (F_A \cdot R_B \cdot R_C) \cdot (R_A \cdot R_B \cdot F_C) \cdot (R_A \cdot R_B \cdot R_C) \cdot (R_A \cdot F_B \cdot R_C) \quad (3.33)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ (3.33) ความน่าเชื่อถือโดยรวมคือ

$$R_S = (1 - R_A) \cdot R_B \cdot R_C \cdot R_A \cdot R_B \cdot (1 - R_C) \cdot R_A \cdot R_B \cdot R_C \cdot R_A \cdot (1 - R_B) \cdot R_C \quad (3.34)$$

ดังนั้นการใช้แนวคิดตารางความจริงสามารถนำไปใช้กับระบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เพื่อให้มุมมองเชิงตรรกะและการสร้างความน่าเชื่อถือของระบบอย่างถูกต้อง

3.4.5. อัตราความล้มเหลวของระบบที่มีความซ้ำซ้อน

อัตราความล้มเหลวของระบบที่มีความซ้ำซ้อน (Effective failure rate of Redundant configuration) ขณะที่การหาปริมาณอัตราความล้มเหลวของระบบขนานและระบบ m out of n สามารถทำได้โดยวิธีการที่อธิบายไว้ในส่วนก่อนหน้าในทางปฏิบัติความล้มเหลวของส่วนประกอบใด ๆ ในการกำหนดค่าที่ซ้ำซ้อนสามารถแก้ไขได้ในขณะที่ระบบอื่น ๆ ยังคงทำงานอยู่ กล่าวอีกนัยหนึ่งความล้มเหลวของระบบจะขึ้นอยู่กับเวลาในการซ่อมแซมด้วย หากหน่วยที่ล้มเหลวสามารถเรียกคืนได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ ความน่าจะเป็นที่ส่วนประกอบทั้งหมดในระบบซ้ำซ้อนจะล้มเหลวอย่างมาก

สำหรับระบบที่มีการซ่อมแซมหน่วยทั้งหมดจะทำงานออนไลน์ โดยมีอัตราความล้มเหลวของหน่วยเท่ากัน $(n-q)$ จากจำนวน n ที่จำเป็นสำหรับความสำเร็จ อัตราความล้มเหลวของระบบกำหนดโดยสมการที่ (3.35)

$$\lambda_{(n-q)/n} = \frac{n!(\lambda)^{q+1}}{(n-q-1)!(\mu)^q} \quad (3.35)$$

โดยที่

$\lambda_{(n-q)/n}$ = อัตราความล้มเหลวที่มีประสิทธิภาพของการกำหนดค่าซ้ำซ้อนโดยที่ $(n-q)$ ของ n หน่วยเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความสำเร็จ

q = จำนวนหน่วยที่ใช้งานออนไลน์ซึ่งได้รับอนุญาตให้ล้มเหลวโดยที่ระบบล้มเหลว

μ = อัตราการซ่อม = 1 หมายถึงเวลาบำรุงรักษาแก้ไขเป็นชั่วโมง

สมการนี้ไม่ควรนำมาใช้สมการความซ้ำซ้อน (Redundancy Equations) สำหรับระบบที่ซ่อมแซมล่าช้าหรือไม่รวมความล่าช้าที่เกิดขึ้นด้วยเห็นผลอื่นๆ

3.5. การแปลความน่าเชื่อถือเป็นอัตราความล้มเหลวหรือ MTBF

การแปลความน่าเชื่อถือเป็นอัตราความล้มเหลวหรือ MTBF (Translation of the Reliability to Failure Rate or MTBF) ส่วนใหญ่เมื่อกล่าวถึงความน่าเชื่อถือ MTBF หรืออัตราความล้มเหลวมักเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและกล่าวถึงเสมอ สำหรับระบบที่มีความน่าเชื่อถือ การแปลความน่าเชื่อถือกลับเป็น MTBF หรืออัตราความล้มเหลวในการสื่อสาร นั้นไม่นับความล้มเหลว หรือความผิดพลาดจากบุคคล

สำหรับระบบอย่างง่ายในการกำหนดค่าแบบอนุกรม โดยให้อัตราความล้มเหลวของ R_S เป็น f_S อัตราความล้มเหลวแบบอนุกรมคือ

$$f_S = f_A + f_B + \dots + f_n \quad (3.34)$$

อย่างไรก็ตามไม่สามารถเพิ่มอัตราความล้มเหลวของระบบแบบขนาน และระบบที่ซับซ้อนอื่น ๆ ได้โดยตรง จากนั้นอัตราความล้มเหลวจะได้มาด้วยวิธีการที่ซับซ้อนมากขึ้น จากสมการของ MTTF ภายใต้การดำเนินการต่อเนื่องแสดงดังสมการที่ (3.35)

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt = MTBF \quad (3.35)$$

โดยการคำนึงถึงความน่าเชื่อถือของระบบทำให้สามารถรับ MTBF ได้ อย่างไรก็ตาม ด้วยระบบที่ซับซ้อนการสร้างมาอาจเป็นงานที่ใช้เวลานาน นอกจากนี้ยังมีทางเลือกอื่น ๆ อีกมากมายและซอฟต์แวร์อัตโนมัติเพื่อช่วยในการสร้าง MTBF หรืออัตราความล้มเหลวจาก RBD

3.6. การแปลงไปสู่ความพร้อมของระบบ

การแปลงไปสู่ความพร้อมใช้ของระบบ (Availability Translation) เนื่องจากความน่าเชื่อถือและความพร้อมใช้งานคือความน่าจะเป็นกระบวนการสร้างแบบจำลองความพร้อมใช้งานจึงสามารถทำได้ในลักษณะเดียวกับความน่าเชื่อถือ อย่างไรก็ตามประเด็นสำคัญไม่ใช่ความล้มเหลวที่ทำให้ระบบเข้าสู่สถานะล้มเหลว แต่ความไม่พร้อมใช้งานของบล็อกจะทำให้ระบบเข้าสู่สถานะล้มเหลว หากความล้มเหลวและความไม่พร้อมใช้งานของบล็อกส่งผลให้เกิดผลลัพธ์เดียวกันการคำนวณความพร้อมใช้งานของระบบสามารถทำได้ในลักษณะเดียวกับความน่าเชื่อถือของระบบ หรืออีกวิธีหนึ่งความพร้อมใช้งานยังสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของ MTBF และ MTTR ที่กำหนดโดยสมการที่ (3.36)

$$A = \lim_{t_2 \rightarrow \infty} A(t_1, t_2) = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (3.36)$$

แม้ว่า MTBF จะได้จาก RBD และ MTTR จะถูกประมาณจากการออกแบบทางกายภาพของระบบ แต่ความพร้อมใช้งานสามารถคำนวณได้จากสูตรนี้เช่นกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

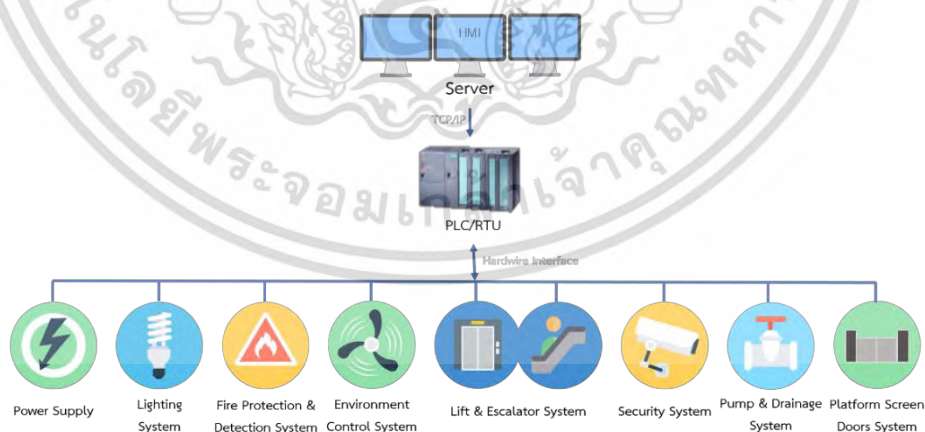
การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ

4.1. บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง หลักการทำงานและการออกแบบในส่วนต่างๆ ของระบบ ซึ่งประกอบไปด้วย หลักการทำงานของระบบ การออกแบบกราฟิกสถานีรถไฟ หลักการออกแบบโปรแกรมควบคุมสถานีรถไฟ การออกแบบโปรแกรมระบบต่างๆ และการออกแบบโปรแกรมการเก็บประวัติการทำงาน และการแจ้งเตือน (Alarm log)

4.2. หลักการทำงานของระบบ

การจัดการดูแลระบบต่างๆ ภายในสถานีรถไฟ จะเป็นการควบคุมและสังเกตการณ์การทำงานในระบบภายในสถานีรถไฟ ได้แก่ ระบบการจ่ายไฟ ระบบแสงสว่าง ระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน และระบบประตูกันขานขาลา โดยจะสามารถควบคุมและสังเกตการณ์การทำงานในระบบทั้งหมดภายในสถานีรถไฟผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการจัดการสถานีรถไฟ นอกจากนี้สิ่งที่น่าสนใจที่นำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์เหล่านี้ คือ PLC ดังนั้นการที่คอมพิวเตอร์จะสามารถสั่งการทำงานไปยังอุปกรณ์เหล่านั้นได้จะต้องผ่าน PLC ซึ่งการที่คอมพิวเตอร์จะสามารถติดต่อสื่อสารกับ PLC ได้ จะต้องมีการใช้ระบบเครือข่ายหรือเครื่องเซิร์ฟเวอร์เป็นตัวกลางในการสื่อสารและส่งผ่านข้อมูลให้กัน ดังรูปที่ 4.1

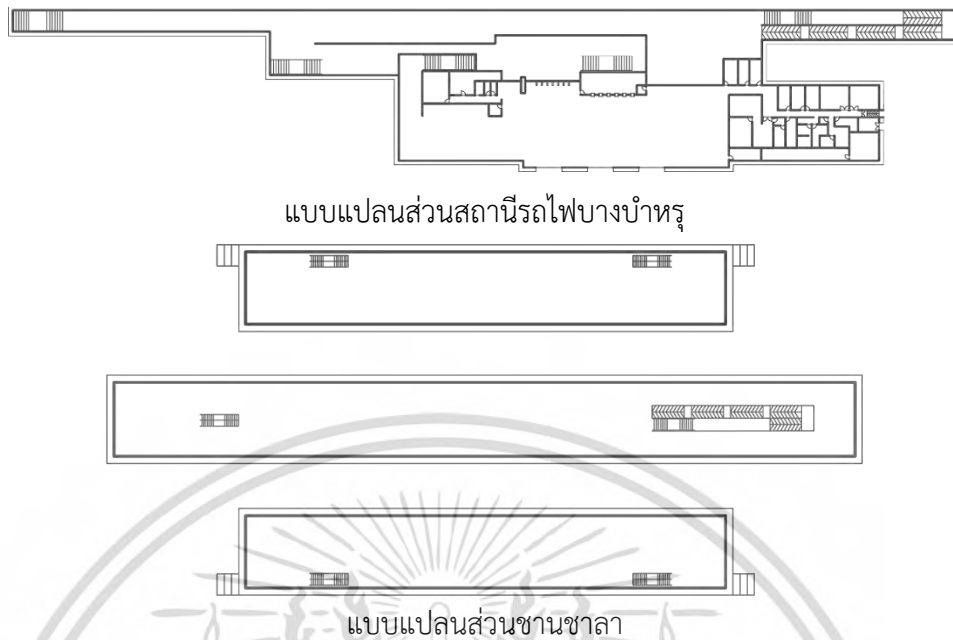


รูปที่ 4.1 ภาพรวมหลักการทำงานของระบบการจัดการสถานีรถไฟ

4.3. การออกแบบกราฟิกสถานี

โครงสร้างของสถานีรถไฟออกแบบมาจากสถานีรถไฟไฟฟ้าบางบำหรุประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของสถานี (Station) และส่วนของขานขาลา (Platform) ดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ภาพรวมหลักการทำงานของระบบการจัดการสถานีรถไฟ

ระบบที่ใช้ภายในสถานีรถไฟ ที่ใช้ทั่วไป มีด้วยกันดังนี้

- ระบบควบคุมการจ่ายไฟ (Power Supply System) ผู้ใช้สามารถทราบสถานะของวงจรไฟฟ้าและสามารถควบคุมการจ่ายไฟในแต่ละส่วนของวงจรได้
- ระบบแสงสว่างภายในสถานี (Lighting System) ผู้ใช้สามารถทราบถึงสถานะการเปิด - ปิดไฟภายในสถานีได้
- ระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง (Pump and Drainage) ผู้ใช้สามารถทราบถึงสถานะการทำงานของเครื่องปั้มน้ำภายในสถานีได้
- ระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม (Environment Control System) ผู้ใช้สามารถทราบถึงสถานะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (Air Conditioning Unit) และเครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature) ภายในสถานีได้
- ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System) ผู้ใช้สามารถทราบถึงสถานะการทำงานผิดปกติของกล้องวงจรปิด (Closed Circuit Television System, CCTV) และระบบความปลอดภัยและรหัสผ่านเข้า - ออก (Controlled Access Security System, CASS)
- ระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย (Fire Protection & Detection System) ผู้ใช้สามารถติดตามการแจ้งเหตุการณ์การเกิดอัคคีภัยจากตำแหน่งต่างๆ ภายในสถานี และการทำงานของสารสะอาดดับเพลิง (FM200) ได้
- ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน (Lift & Escalator) ผู้ใช้สามารถทราบสถานะการทำงานของลิฟต์และบันไดเลื่อนภายในสถานีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบประตูกั้นชานชาลา (Platform Screen Doors) ผู้ใช้สามารถทราบสถานะการทำงานของประตูกั้นชานชาลาได้

4.4. การออกแบบโปรแกรมควบคุมภายในสถานี

หลักการการออกแบบโปรแกรมการจัดการสถานีรถไฟ (Railway Station Management System) คือผู้ใช้สามารถใช้งานโปรแกรมได้ตามที่ต้องการ โดยจะต้องมีความถูกต้องแม่นยำ ง่ายต่อการใช้งาน และสามารถปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมได้ง่าย นอกจากนี้โปรแกรมจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน เนื่องจากผู้ใช้งานโปรแกรมจะต้องติดตามและควบคุมระบบการทำงานทั้งหมดภายในสถานีรถไฟตลอดเวลา ซึ่งจะต้องคำนึงถึงสุขภาพทางสายตาของผู้ใช้งานด้วย จึงออกแบบโปรแกรมให้มีพื้นหลังเป็นสีเทา (Grey) ซึ่งเป็นสีที่มีความสว่างน้อย จะช่วยลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อตาของผู้ใช้งานในกรณีที่จะต้องติดตามและควบคุมระบบในห้องควบคุมที่ไม่มีแสงสว่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างห้องควบคุมระบบรถไฟฟ้า

ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม มีดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Analysis The Program) ศึกษาระบบของสถานีรถไฟ ทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น และสร้างจุดมุ่งหมาย ในที่นี้หมายความว่า โปรแกรมจะต้องสามารถควบคุมระบบและติดตามการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม (Design a Program) หลังจากวิเคราะห์ปัญหาแล้ว ต่อไปคือการออกแบบโปรแกรม โดยใช้เครื่องมือต่างๆ มาช่วยในการออกแบบ ในขั้นตอนนี้ไม่ได้เป็นการเขียนโปรแกรมจริงๆ แต่จะช่วยให้สามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น โดยสามารถเขียนตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ และช่วยให้การเขียนโปรแกรมมีข้อผิดพลาดน้อยลง และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม (Coding) ในขั้นตอนนี้จะนำเครื่องมือที่ถูกสร้างขึ้นมาจากขั้นตอนการออกแบบมาเปลี่ยนให้เป็นโปรแกรม ซึ่งการสร้างโปรแกรมนั้น ได้เลือกใช้โปรแกรม TIA Portal V13 และใช้ภาษาแลดเดอร์ (Ladder Language) เป็นหลักในการเขียนโปรแกรมในครั้งนี้

4. ขั้นตอนการตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรม (Testing and Debugging) หลังจากทำการเขียนโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้ว โปรแกรมนั้นจะต้องได้รับการตรวจสอบก่อนว่า มีข้อผิดพลาด (Error) ในโปรแกรมหรือไม่ ทำการตรวจสอบด้วยการคอมไพล์เลอร์ (Compiler) ซึ่งหากโปรแกรมมีข้อผิดพลาดใดๆ เครื่องคอมพิวเตอร์จะแจ้งให้ทราบผ่านหน้าจอ

5. ขั้นตอนการบำรุงรักษาโปรแกรม (Program Maintenance) เมื่อโปรแกรมผ่านการตรวจสอบตามขั้นตอนเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้อาจต้องการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบเดิม เพื่อให้เหมาะกับเหตุการณ์ เช่น ต้องการเปลี่ยนแปลงหน้าตาของระบบ มีการเพิ่มเติมข้อมูลหรือลบข้อมูล จึงจะต้องคอยปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีฟังก์ชันใหม่ๆ เพิ่มขึ้น

4.4.1. ฟังก์ชันการทำงานของระบบ

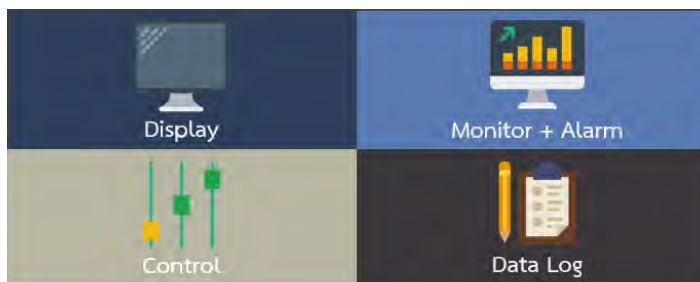
ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาในโครงการนี้จะมีฟังก์ชันการทำงานที่เหมือนกับซอฟต์แวร์ที่มีใช้จริงในระบบขนส่งทางราง โดยจะมีฟังก์ชันการทำงานดังนี้

1. ระบบแสดงผลแบบ MMI คือ ความสามารถในการแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ในรูปแบบกราฟิก ข้อความ สัญลักษณ์ แผนภาพ เป็นต้น โดยสามารถเชื่อมโยงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกราฟิก เหล่านี้กับพารามิเตอร์จาก Data Server ได้ ความสามารถในการสั่งการทำงานผ่านระบบกราก เช่น การปิด/เปิดสวิตช์บนจอมอนิเตอร์ส่งผลไปยัง I/O ของ PLC เป็นต้น และสามารถแสดงผลได้หลายหน้าจอ

2. ระบบแจ้งเตือน SCADA Software ส่วนใหญ่มีระบบแจ้งเตือนโดย Alarm Display จะรับสัญญาณมาจาก Alarm DB ในฝ่าย SCADA Server โดย Alarm DB สามารถที่จะทำการกำหนดคอนฟิก เช่นจะนำสัญญาณตัวใดมาเป็นตัวพารามิเตอร์ในการแจ้งเตือนบ้าง และมีการแบ่งระดับของ Priority Limit เป็นต้น

3. การควบคุมการทำงาน การเข้าถึงพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ หมายถึง ความสามารถในการเข้าถึงกลุ่มของพารามิเตอร์ในอุปกรณ์เช่น I/O ของ PLC เป็นต้น ความสามารถของ Data Server ในการกำหนดว่าพารามิเตอร์ใดอ่านได้อย่างเดียวเขียนได้อย่างเดียวหรือทั้งอ่านทั้งเขียน เป็นต้น

4. การเก็บข้อมูลการทำงาน ในระบบการจัดการสถานีรถไฟจำเป็นต้องมีการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และปลอดภัย จึงจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลการทำงานทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นการควบคุมหรือการแจ้งเตือนที่เกิด ขึ้นตามเวลาจริง (Real-time) ไว้ในฐานข้อมูล โดยในที่นี้จะเก็บข้อมูลที่เป็น Alarm หรือการแจ้งเตือนเป็นหลัก



รูปที่ 4.4 ฟังก์ชันการทำงานของระบบ

4.4.2. การออกแบบฮาร์ดแวร์ และชุดอุปกรณ์หน่วยควบคุมระยะไกล

ในส่วนของชุดอุปกรณ์จะทำการออกแบบจำนวนอินพุต เอาต์พุตทั้งหมด จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบของสถานีรถไฟตามชนิดของอุปกรณ์ หรือระบบภายในสถานี จำนวนของอุปกรณ์และฟังก์ชันในการใช้งาน โดยทำการออกแบบให้สามารถรองรับได้ทั้งหมด 256 จุด โดยรายละเอียดของอินพุตและเอาต์พุตแสดงดังตารางที่ 4.1 และการทำงานของอุปกรณ์หรือระบบต่าง ๆ จะยึดตามตาม Input หรือ Output ดังแสดงอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตทั้งหมดในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนอินพุตและเอาต์พุตทั้งหมดของระบบ

No.	Input/Output	IO	RTU	RM-01	RM-02	Summary
			Main (PN/DP)	Profibus DP	Profinet Interface	
1	Digital Output	D O	64	32	32	128
2	Digital Input	DI	32	32	32	96
3	Analog Output	AO	8	4	4	16
4	Analog Input	AI	8	4	4	16
Total			112	72	72	256

ตารางที่ 4.2 แสดงรายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบ

No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type
Power Supply System-Overhead Catenary System				
1	OCS Switch Q1	Switching State	OFF	DO
2	OCS Switch Q1	Switching State	ON	DO
3	OCS Switch Q1	Switching State	OFF	DI
4	OCS Switch Q1	Switching State	ON	DI
5	OCS Switch Q2	Switching State	OFF	DO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	OCS Switch Q2	Switching State	ON	DO
7	OCS Switch Q2	Switching State	OFF	DI
8	OCS Switch Q2	Switching State	ON	DI
9	OCS Switch Q3	Switching State	OFF	DO
10	OCS Switch Q3	Switching State	ON	DO
11	OCS Switch Q3	Switching State	OFF	DI
12	OCS Switch Q3	Switching State	ON	DI
13	OCS Switch Q4	Switching State	OFF	DO
14	OCS Switch Q4	Switching State	ON	DO
15	OCS Switch Q4	Switching State	OFF	DI
16	OCS Switch Q4	Switching State	ON	DI
17	OCS Switch Q5	Switching State	OFF	DO
18	OCS Switch Q5	Switching State	ON	DO
19	OCS Switch Q5	Switching State	OFF	DI
20	OCS Switch Q5	Switching State	ON	DI
21	OCS Switch Q6	Switching State	OFF	DO
22	OCS Switch Q6	Switching State	ON	DO
23	OCS Switch Q6	Switching State	OFF	DI
24	OCS Switch Q6	Switching State	ON	DI
	Power Supply System-Low Volte System			
25	MDB1 Switch	Switching State	Open	DO
26	MDB1 Switch	Switching State	Close	DO
27	MDB1 Switch	Switching State	Open	DI
28	MDB1 Switch	Switching State	Close	DI
29	MDB1 Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI
30	MDB1 Switch	Trip State	Trip	DI
31	MDB2 Switch	Switching State	Open	DO
32	MDB2 Switch	Switching State	Close	DO
33	MDB2 Switch	Switching State	Open	DI
34	MDB2 Switch	Switching State	Close	DI
35	MDB2 Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI
36	MDB2 Switch	Trip State	Trip	DI
37	MCCB1 Status	Status	Open	DO
38	MCCB1 Status	Status	Close	DO
39	MCCB1 Status	Status	Open	DI
40	MCCB1 Status	Status	Close	DI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

41	MCCB1 Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI
42	MCCB2 Status	Status	Open	DO
43	MCCB2 Status	Status	Close	DO
44	MCCB2 Status	Status	Open	DI
45	MCCB2 Status	Status	Close	DI
46	MCCB2 Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI
47	MCCB3 Status	Status	Open	DO
48	MCCB3 Status	Status	Close	DO
49	MCCB3 Status	Status	Open	DI
50	MCCB3 Status	Status	Close	DI
51	MCCB3 Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI
	Power Supply System-UPS			
52	UPS A Main circuit Breaker	Switching State	Open	DO
53	UPS A Main circuit Breaker	Switching State	Close	DO
54	UPS A Main circuit Breaker	Switching State	Open	DI
55	UPS A Outgoing disconnect switch	Switching State	Open	DO
56	UPS A Outgoing disconnect switch	Switching State	Close	DO
57	UPS A Outgoing disconnect switch	Switching State	Open	DI
58	UPS A Group alarm	State	Appear / Disappear	DI
59	UPS A Battery low	State	Appear / Disappear	DI
60	UPS A load on battery	State	Appear / Disappear	DI
61	UPS A load on auxiliary source	State	Appear / Disappear	DI
62	UPS A Bypass switch ON	State	Appear / Disappear	DI
63	UPS B Main circuit Breaker	Switching State	Open	DO
64	UPS B Main circuit Breaker	Switching State	Close	DO
65	UPS B Main circuit Breaker	Switching State	Open	DI
66	UPS B Outgoing disconnect switch	Switching State	Open	DO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

67	UPS B Outgoing disconnecter switch	Switching State	Close	DO
68	UPS B Outgoing disconnecter switch	Switching State	Open	DI
69	UPS B Group alarm	Status	Appear / Disappear	DI
70	UPS B Battery low	Status	Appear / Disappear	DI
71	UPS B load on battery	Status	Appear / Disappear	DI
72	UPS B load on auxiliary source	Status	Appear / Disappear	DI
73	UPS B Bypass switch ON	Status	Appear / Disappear	DI
	Power Supply System-Generator			
74	Generator is running	Status	Appear / Disappear	DI
75	Low fuel alarm	Status	Appear / Disappear	DI
76	ATS Position "normal"	Status	Appear / Disappear	DI
77	ATS Position "Generator"	Status	Appear / Disappear	DI
78	MCB Status	Status	Open	DO
79	MCB Status	Status	Close	DO
80	MCB Status	Status	Open	DI
81	MCB Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI
82	MCB trip	Status	Appear / Disappear	DI
	Lighting Control			
83	Lighting Zone 1	Status	ON	DI
84	Lighting Zone 2	Status	ON	DI
85	Lighting Zone 3	Status	ON	DI
86	Lighting Zone 4	Status	ON	DI
87	Lighting Zone 5	Status	ON	DI
88	Lighting Zone 6	Status	ON	DI
89	Lighting Zone 7	Status	ON	DI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

90	Lighting Zone 8	Status	ON	DI
	Fire Protection & Detection System			
91	Fire Alarm Zone P/F	Status	Fire	DI
92	Fire Alarm Zone C/C	Status	Fire	DI
93	Fire Alarm Zone Ground	Status	Fire	DI
94	Fire Alarm Zone E&M room	Status	Fire	DI
95	FM200 R1 Panel Power supply	Status	ON	DI
96	FM200 R1 First Stage Alarm	Status	Appear / Disappear	DI
97	FM200 R1 Group Alarm	Status	Appear / Disappear	DI
98	FM200 R2 Panel Power supply	Status	ON	DI
99	FM200 R2 First Stage Alarm	Status	Appear / Disappear	DI
100	FM200 R2 Group Alarm	Status	Appear / Disappear	DI
	Platform Screen Doors			
101	Local Operation -Activated	Activated	Appear / Disappear	DI
102	Interlocked Override	Alarm	Appear / Disappear	DI
103	PSD-Power failure	Failure	Appear / Disappear	DI
104	All Door closed & Locked	Closed & Locked	Appear / Disappear	DI
105	PSD1 Isolated	Isolated	Appear / Disappear	DI
106	PSD1 Failed	Failure	Appear / Disappear	DI
107	EWD Status	Open	Appear / Disappear	DI
	Security System			
108	CCTV Group Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI
109	CASS Group Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังบุคคลอื่นนอกเหนือจากนี้

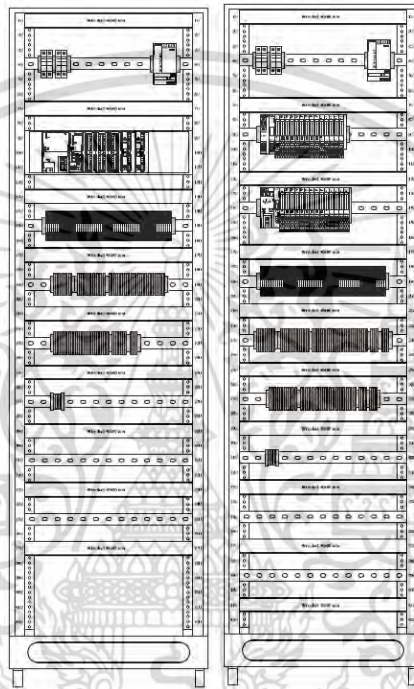
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Pump and Drainage			
110	Pump & Drainage Power	Alarm	Appear / Disappear	DI
111	Pump & Drainage Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI
112	Water Tank Flooding alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI
	Environment Control System			
113	CER. Rm. Air con.unit fault	Alarm	Appear / Disappear	DI
114	CER. Rm. Hight Temp. Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI
115	SOR. Rm. Air con.unit fault	Alarm	Appear / Disappear	DI
116	SOR. Rm. Hight Temp. Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI
117	SIG. Rm. Air con.unit fault	Alarm	Appear / Disappear	DI
118	SIG. Rm. Hight Temp. Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI
	Lift and Escalator			
119	Lift Group alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI
120	Lift Operation/Running	Status	Run / Stop	DI
121	Lift Passenger Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI
122	Escalator Group alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI
123	Escalator Operation/Running	Status	Run / Stop	DI
124	Escalator UP Direction	Status	Up / Stop	DI
125	Escalator Down Status	Status	Down / Stop	DI
126	Escalator Emergency Stop Switch Operated	Alarm	Appear / Disappear	DI

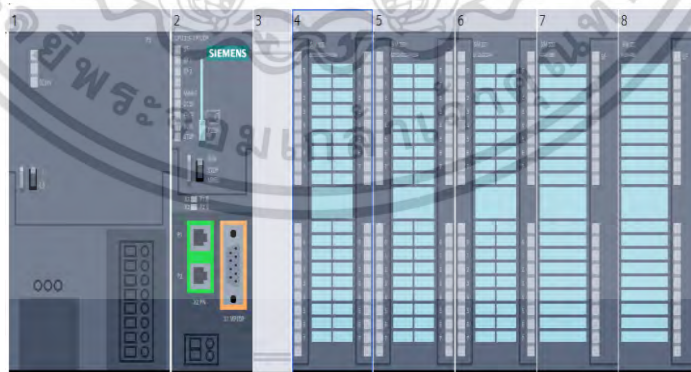
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3. การออกแบบตู้อุปกรณ์ (Rack)

ในชุดอุปกรณ์จะใช้ Rack ขนาด 19 นิ้ว แบบเปิดไม่มีฝาปิด ขนาด 32U พร้อม ชุดเชื่อมต่อตามจำนวน อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต โดยมีการติดตั้งสายไฟและวงจรไฟฟ้าเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้เรียบร้อย โดยที่มีการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ RTU สำหรับควบคุมระยะไกล ดังรูปที่ 4.5 และมีชุดอุปกรณ์หลัก ๆ สามอุปกรณ์ได้แก่ ชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกระยะไกล (RTU) , ชุดอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตสำหรับควบคุมระยะไกล (Remote IO) สำหรับ PN และ ชุดอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตสำหรับควบคุมระยะไกล (Remote IO) สำหรับ DP แสดงดังรูปที่ 4.6 – รูปที่ 4.8

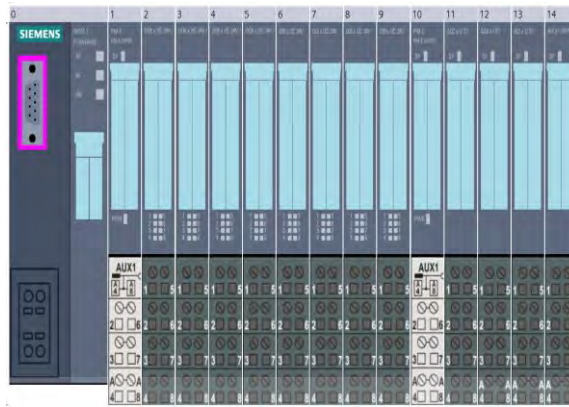


รูปที่ 4.5 แผนผังชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกระยะไกลติดตั้งบน Open Rack 19 นิ้ว

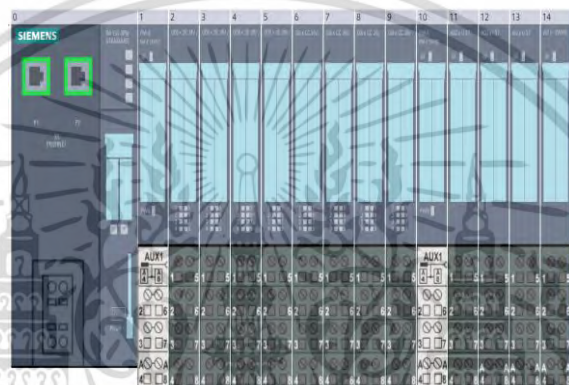


รูปที่ 4.6 ชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกระยะไกล (RTU)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ชุดอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตสำหรับควบคุมระยะไกล (Remote IO) สำหรับ PN



รูปที่ 4.8 ชุดอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตสำหรับควบคุมระยะไกล (Remote IO) สำหรับ DP

4.5. การออกแบบส่วนแสดงผล และการทำงานของโปรแกรมระบบต่าง ๆ

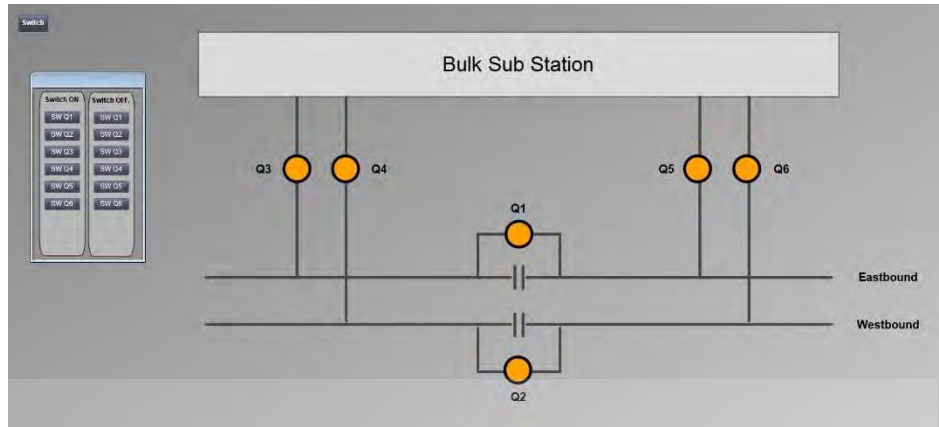
ในโปรแกรมนี้จะแบ่งออกเป็น 8 ระบบ คือระบบควบคุมการจ่ายไฟ ระบบแสงสว่าง ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน ระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย ระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้ง ระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม และระบบประตูกันขานชาลา

4.5.1. ระบบควบคุมการจ่ายไฟ (Power Supply)

4.5.1.1. ระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ (Overhead Catenary)

ในโปรแกรมหน้านี้ จะเป็นส่วนของวงจรจ่ายไฟให้กับรางรถไฟ ซึ่งจะใช้หลักการของการจ่ายไฟเหนือหัว และตัวอย่างหน้าโปรแกรมจะแสดงดังรูปที่ 4.9 โดยวงจรได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือ ปุ่มจ่ายไฟเหนือหัว (Overhead Contact System, OCS) และสวิตช์จ่ายไฟ (Switch)

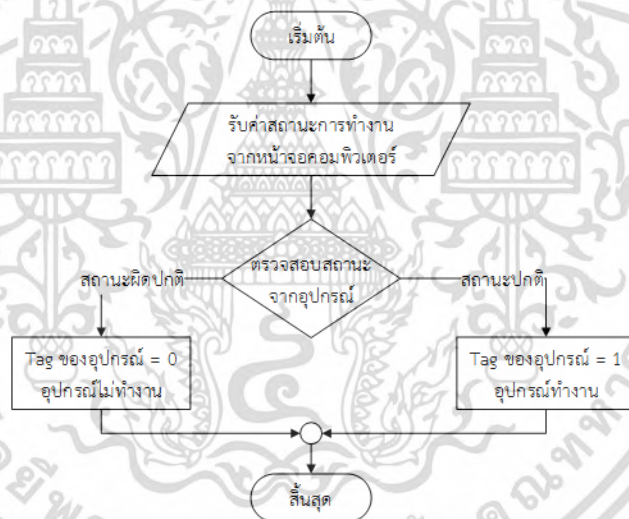
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟิกแสดงวงจรจ่ายไฟให้กับรถไฟ

1. หลักการทำงานของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ

เมื่อต้องการควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ ผู้ใช้จะทำการสั่งงานผ่านหน้าจอกอมพิวเตอร์ โดยระบบจะทำการตรวจสอบว่าค่าที่รับมาเป็น 1 หรือ 0 หากเป็น 1 จะทำการสั่งงานให้อุปกรณ์เอาต์พุตทำงาน แต่ถ้าเป็น 0 จะทำการสั่งให้อุปกรณ์เอาต์พุตหยุดทำงาน แสดงผังงานดังรูปที่ 4.10

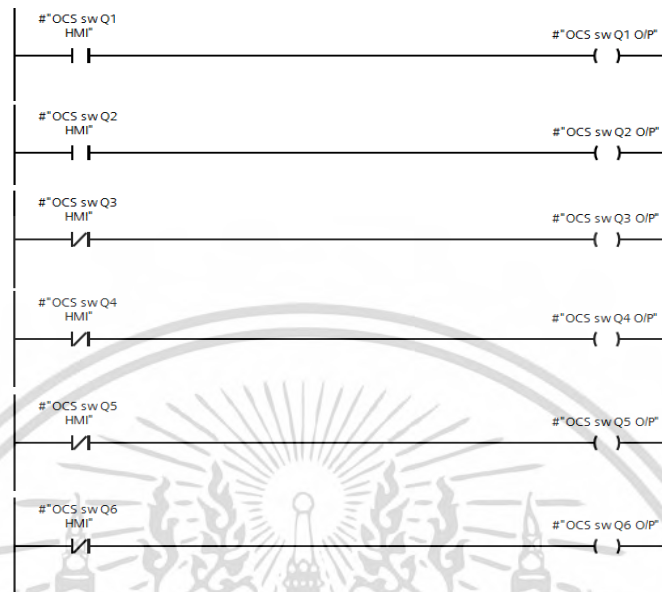


รูปที่ 4.10 การทำงานของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รถไฟ

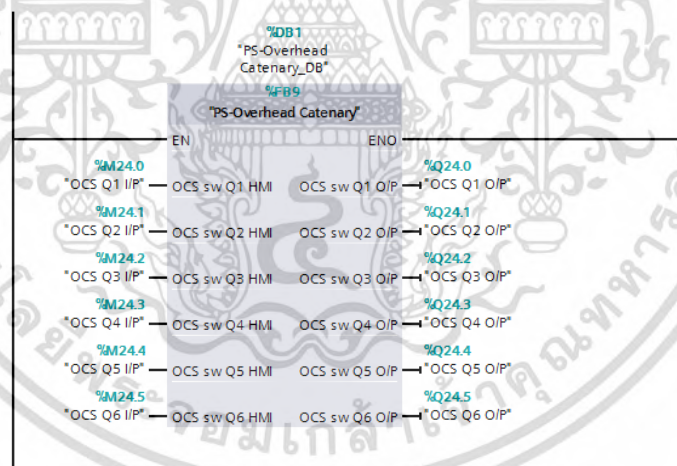
2. การเขียนโปรแกรมของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ

การเขียนโปรแกรมควบคุมของระบบนี้ จะใช้ 2 ภาษาคือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.11 คือ กำหนดให้ #OCS sw Q1 HMI, #OCS sw Q2 HMI เป็นอินพุตของสวิตช์จ่ายไฟที่รับค่าจากหน้าจอโปรแกรม #OCS sw Q1 O/P, #OCS sw Q2 O/P เป็นเอาต์พุตของสวิตช์จ่ายไฟที่แสดงบนหน้าจอโปรแกรม #OCS sw Q3 HMI, #OCS sw Q4 HMI, #OCS sw Q5 HMI และ #OCS sw Q6 HMI เป็นอินพุตของปั๊มจ่ายไฟเหนือหัวที่รับค่าจากหน้าจอโปรแกรม #OCS sw Q3 O/P, #OCS sw Q4 O/P, #OCS sw Q5 O/P และ #OCS sw Q6 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

O/P เป็นเอาต์พุตของปุ่มจ่ายไฟเหนือหัวจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม โดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก ดังรูปที่ 4.12 เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและแก้ไข



รูปที่ 4.11 ภาษาแลตเตอร์ของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ

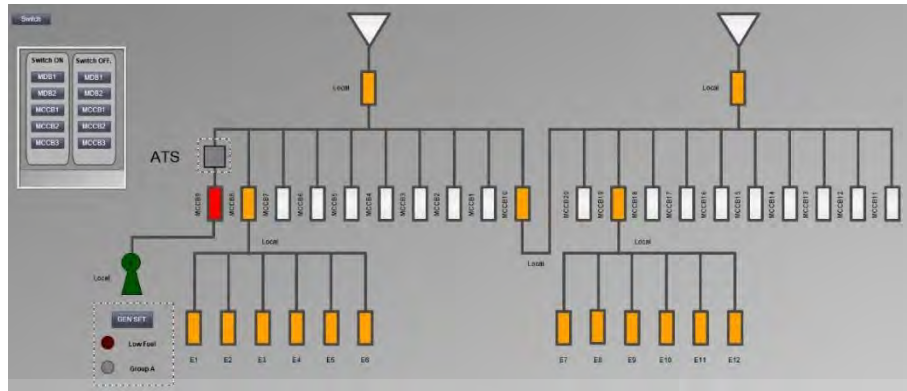


รูปที่ 4.12 ภาษาบล็อกของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ

4.5.2. ระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานี (Low Voltage)

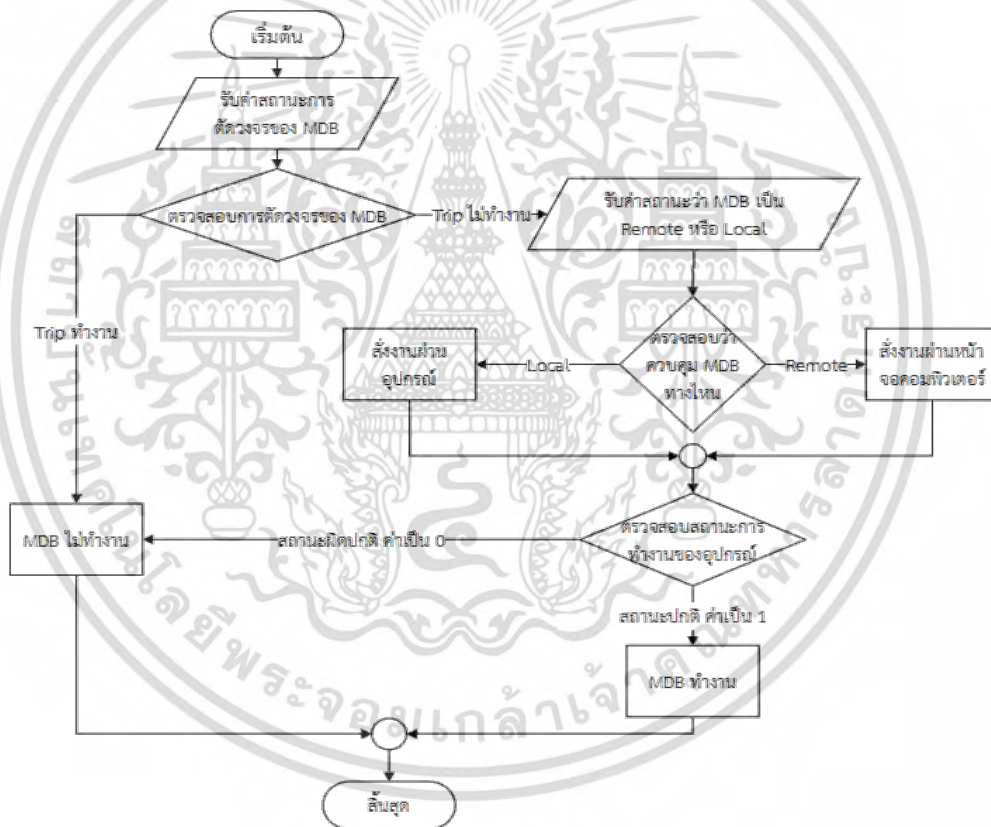
ในโปรแกรมหน้านี้ จะมีส่วนของวงจรจ่ายไฟให้กับสถานี ดังรูปที่ 4.13 โดย วงจรได้ แบ่ง ออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ แผงจ่ายไฟ (Main Distribution board, MDB) วงจรตัดต่อไฟ(Molded Case Circuit Breaker, MCCB) และ TIE Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 วงจรจ่ายไฟให้กับสถานีรถไฟ

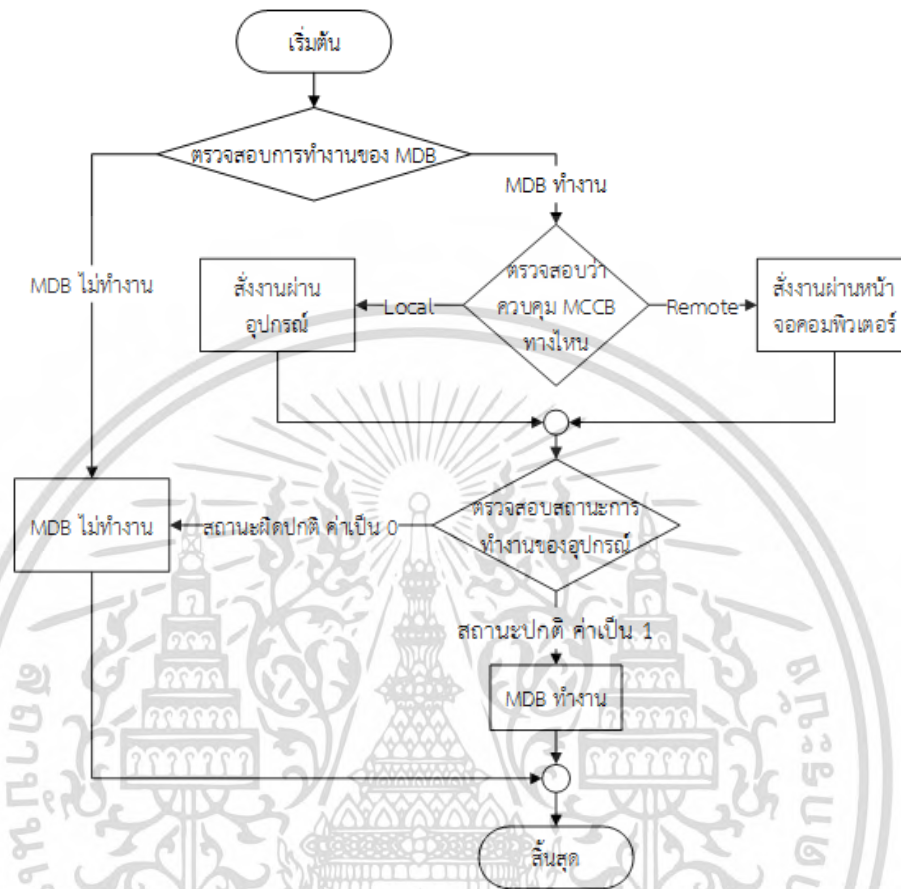
1. หลักการทำงานของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานี



รูปที่ 4.14 ผังงานการทำงานของแผงจ่ายไฟใหญ่ (Main Distribution board, MDB)

ในส่วนของระบบนี้ ชั้นแรกผู้ใช้ต้องตรวจสอบว่าแผงจ่ายไฟ (Main Distribution board, MDB) มีการตัดวงจร (Trip) หรือไม่ หากมีระบบจะไม่สามารถทำงานได้ และในการควบคุมระบบผู้ใช้สามารถเลือกควบคุมได้ 2 ทาง คือ ผ่านหน้าจocomพิวเตอร์ (Remote) และผ่านอุปกรณ์โดยตรง (Local) โดยเริ่มต้นจะควบคุมผ่านหน้าจocomพิวเตอร์ หากต้องการควบคุมผ่านอุปกรณ์โดยตรง ต้อง

ไปเปลี่ยนค่าที่อุปกรณ์ให้เป็น Local และในระบบนี้จะมี MDB 2 ตัว ซึ่งมีหลักการทำงานเหมือนกัน แสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ผังงานการทำงานของวงจรถัดไฟ้อย (Molded Case Circuit Breaker, MCCB)

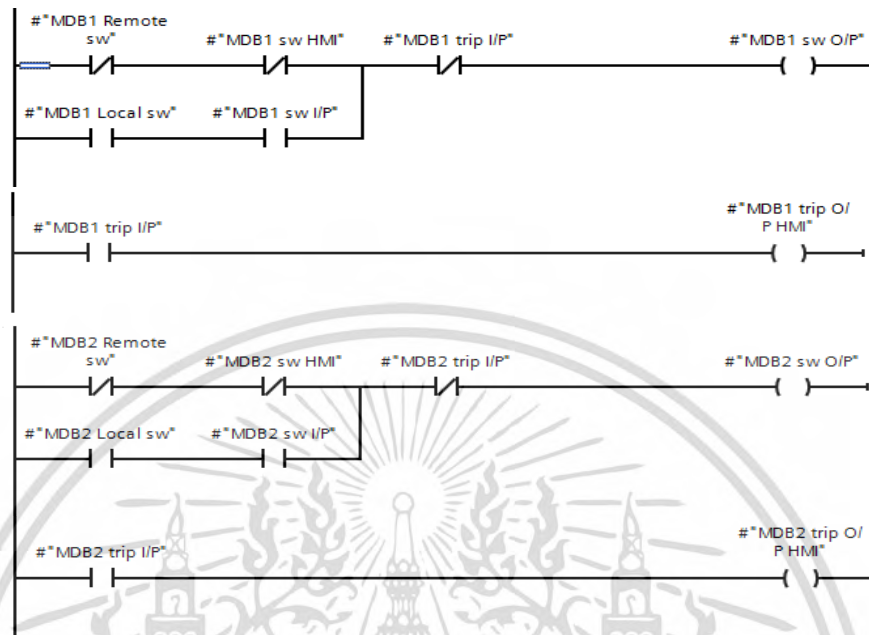
ขั้นที่สอง จะเป็นการทำงานของวงจรถัดไฟ (Molded Case Circuit Breaker, MCCB) ซึ่ง MCCB จะทำงานได้ ก็ต่อเมื่อ MDB ทำงาน ยกเว้น MCCB 1 เนื่องจาก MCCB 1 จะได้รับไฟจากระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า (Generator) โดยผู้ใช้สามารถเลือกควบคุม MCCB ได้ 2 ทาง เช่นเดียวกับ MDB แสดงผังงานการทำงานของส่วนนี้ดังรูปที่ 4.15

2. การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานี

การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบนี้ จะใช้ 2 ภาษาคือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้ จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.16 คือ กำหนดให้ #MDB1 Remote sw และ #MDB1 Local sw เป็นอินพุตที่รับค่ามาจากสวิตช์ภายนอกเพื่อกำหนดว่าอุปกรณ์ MDB1 อยู่ในสถานะ Remote หรือ Local #MDB1 sw HMI เป็นอินพุตของสวิตช์จ่ายไฟของ MDB1 ที่รับค่าจากหน้าจอโปรแกรม #MDB1 sw I/P เป็นอินพุตของสวิตช์จ่ายไฟของ MDB1 ที่รับค่าจากสวิตช์ภายนอก #MDB1 sw O/P เป็นเอาต์พุตของสวิตช์จ่ายไฟของ MDB1 ที่แสดงบนหน้าจอโปรแกรม #MDB1 trip I/P เป็นอินพุตของสวิตช์เพื่อจำลองสถานะการที่รับค่าจากสวิตช์ภายนอก #MDB1 trip O/P

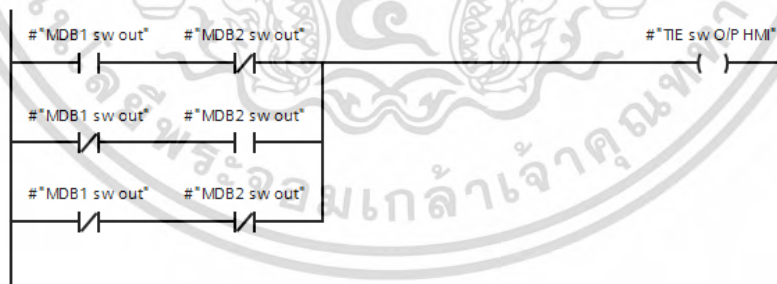
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HMI เป็นเอาต์พุตเพื่อจำลองสถานะการจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม ซึ่งระบบ MDB2 มีการทำงานเหมือน MDB1



รูปที่ 4.16 ภาษาแลตเตอร์ของระบบ MDB1 และ MDB2

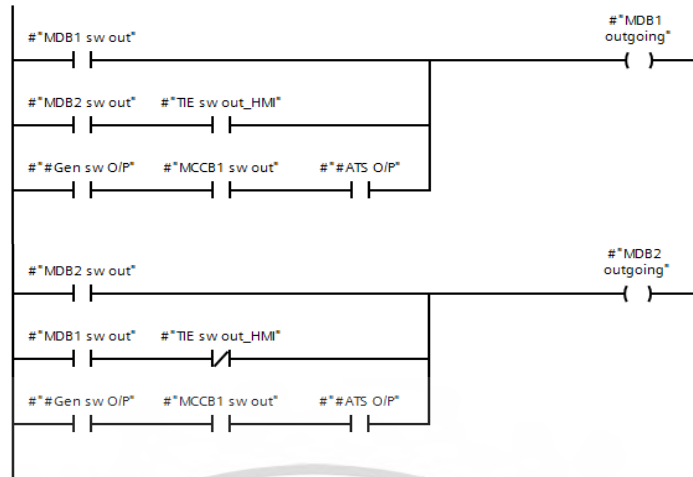
#MDB1 sw out เป็นเอาต์พุตของสวิตช์จ่ายไฟของ MDB1 ที่แสดงบนหน้าจอโปรแกรม
 #MDB2 sw out เป็นเอาต์พุตของสวิตช์จ่ายไฟของ MDB2 ที่แสดงบนหน้าจอโปรแกรม #TIE sw O/P HMI เป็นเอาต์พุตของ TIE ที่แสดงบนหน้าจอโปรแกรม ดังรูปที่ 4.17



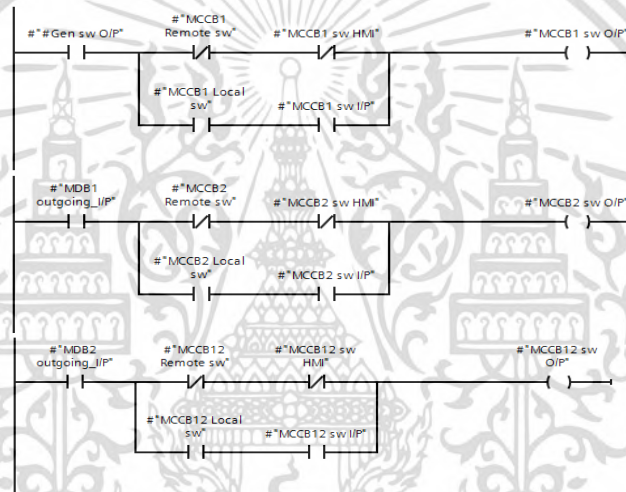
รูปที่ 4.17 ภาษาแลตเตอร์ของวงจร TIE

#MDB1 sw out และ #MDB2 sw out เป็นเอาต์พุตของสวิตช์จ่ายไฟของ MDB1 และ MDB2 ที่แสดงบนหน้าจอโปรแกรมตามลำดับ ##ATS O/P เป็นเอาต์พุตของ ATS #MDB1 outgoing และ #MDB2 outgoing เป็นเอาต์พุตของสวิตช์จ่ายไฟของ MDB1 และ MDB2 ตามลำดับโดยจะเป็นค่าที่จะส่งไปให้ระบบ MCCB ดังรูป 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

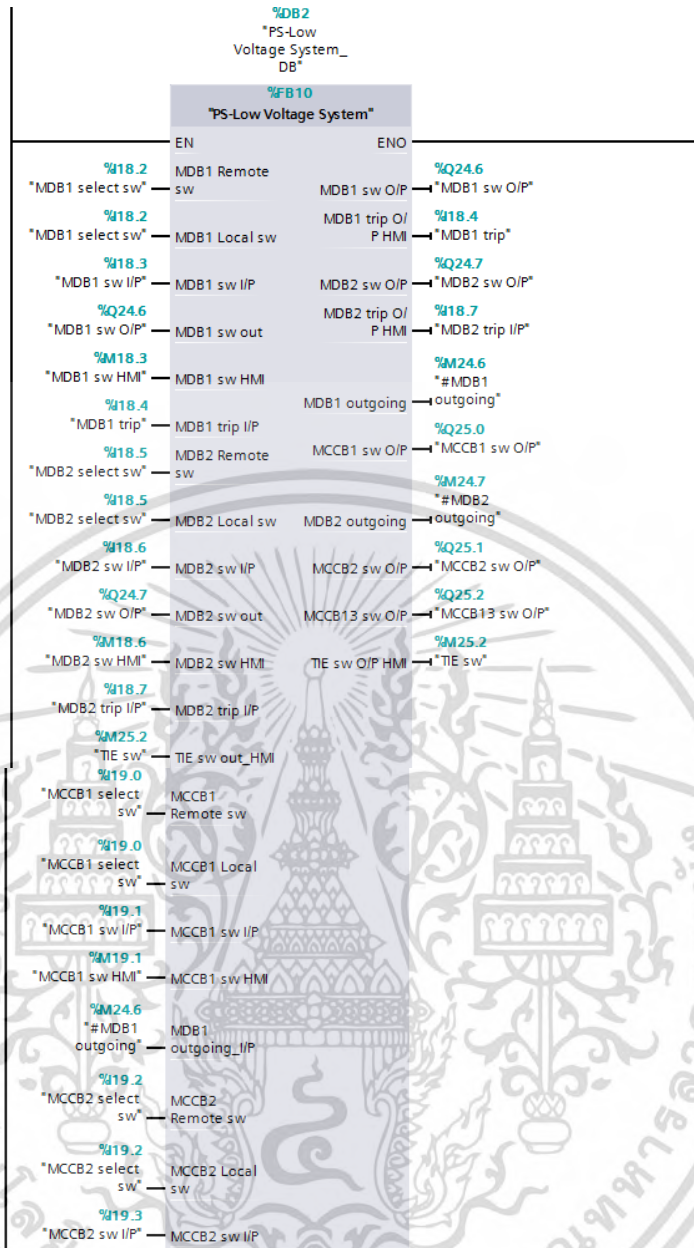


รูปที่ 4.18 ภาษาแลตเตอร์การส่งค่าของ MCB ไปยัง MCCB



รูปที่ 4.19 ภาษาแลตเตอร์ของระบบ MCCB, MCCB2 และ MCCB12

#MCCB1 Remote sw และ #MCCB1 Local sw เป็นอินพุตที่รับค่ามาจากสวิตช์ภายนอกเพื่อกำหนดว่าอุปกรณ์ MCCB1 อยู่ในสถานะ Remote หรือ Local #MCCB1 sw HMI เป็นอินพุตของสวิตช์จ่ายไฟของ MCCB1 ที่รับค่าจากหน้าจอบริการ #MCCB1 sw I/P เป็นอินพุตของสวิตช์จ่ายไฟของ MCCB1 ที่รับค่าจากสวิตช์ภายนอก #MCCB1 sw O/P เป็นเอาต์พุตของสวิตช์จ่ายไฟของ MCCB1 ที่แสดงบนหน้าจอบริการ โดยระบบ MCCB1 MCCB2 MCCB13 มีหลักการทำงานที่คล้ายกันแต่แตกต่างกันตรงที่ MCCB1 จะได้รับการจ่ายไฟจาก ##Gen sw O/P แต่ MCCB2 และ MCCB12 จะได้รับการจ่ายไฟจาก #MDB1 outgoing_I/P และ #MDB 2 outgoing_I/P ตามลำดับดังรูปที่ 4.19 โดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก แสดงดังรูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.20 ภาษาบล็อกของระบบควบคุมภายในสถานีรถไฟ

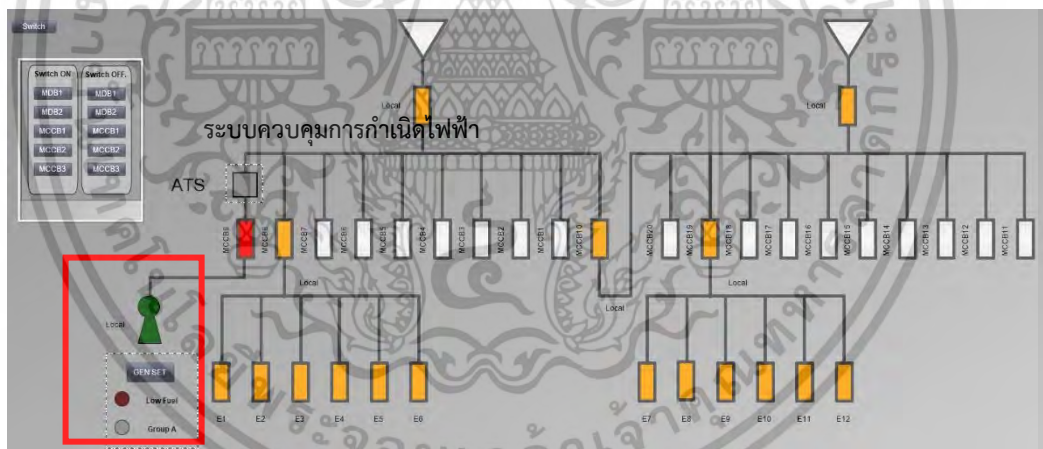
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

%M19.3	"MCCB2 sw HMI"	MCCB2 sw HMI
%M24.7	"#MDB2 outgoing"	MDB2 outgoing_I/P
%M19.4	"MCCB13 select sw"	MCCB13 Remote sw
%M19.4	"MCCB13 select sw"	MCCB13 Local sw
%M19.5	"MCCB13 sw I/P"	MCCB13 sw I/P
%M19.5	"MCCB13 sw HMI"	MCCB13 sw HMI
%Q25.3	"Gen sw O/P"	#Gen sw O/P
%M20.3	"ATS normalgen"	#ATS O/P
%Q25.0	"MCCB1 sw O/P"	MCCB1 sw out

รูปที่ 4.21 ภาษาบล็อกของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานีรถไฟ

4.5.3. ระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

ในระบบนี้ จะอยู่ในหน้าโปรแกรมของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานี โดยระบบนี้จะมีปุ่มสั่งเริ่มการทำงานของระบบ (Generator Switch) ดังรูปที่ 4.22

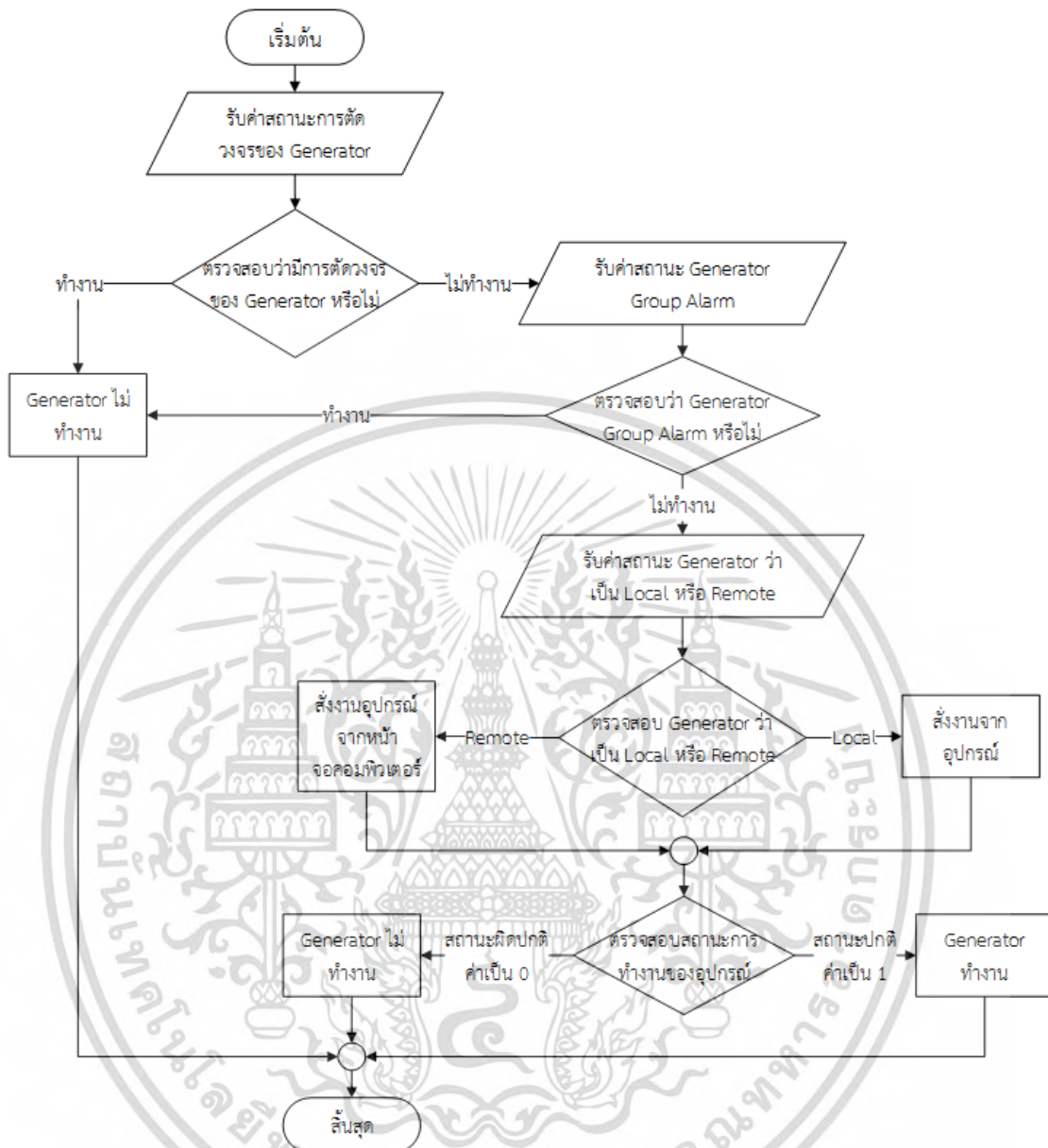


รูปที่ 4.22 วงจรของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า

1. หลักการทำงานของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า

ในส่วนของระบบนี้ ชั้นแรกผู้ใช้ต้องตรวจสอบว่า Generator มีการตัดวงจร (Trip) หรือไม่ หากมีการตัดวงจร ระบบจะไม่สามารถทำงานได้ ชั้นที่สองตรวจสอบการขัดข้องของระบบ Generator (Group Alarm) และในการทำงานของระบบผู้ใช้สามารถเลือกควบคุมได้ 2 ทาง คือ ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Remote) และผ่านอุปกรณ์โดยตรง (Local) โดยเริ่มต้นจะควบคุมผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ หากต้องการควบคุมผ่านอุปกรณ์โดยตรง ต้องไปเปลี่ยนค่าที่อุปกรณ์ให้เป็น Local ซึ่งผังงานของระบบนี้แสดงดังรูปที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



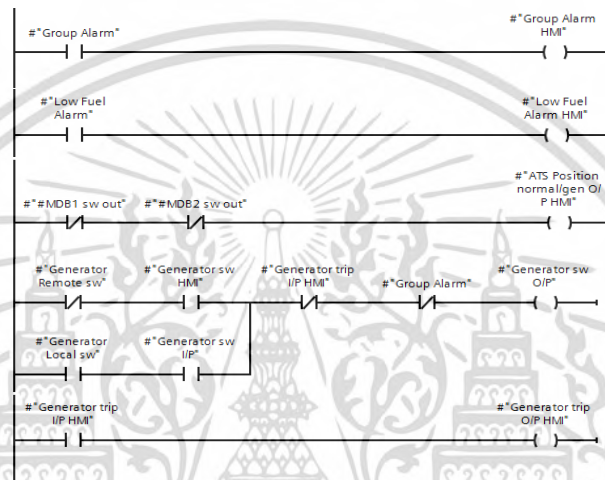
รูปที่ 4.23 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า

2. การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า

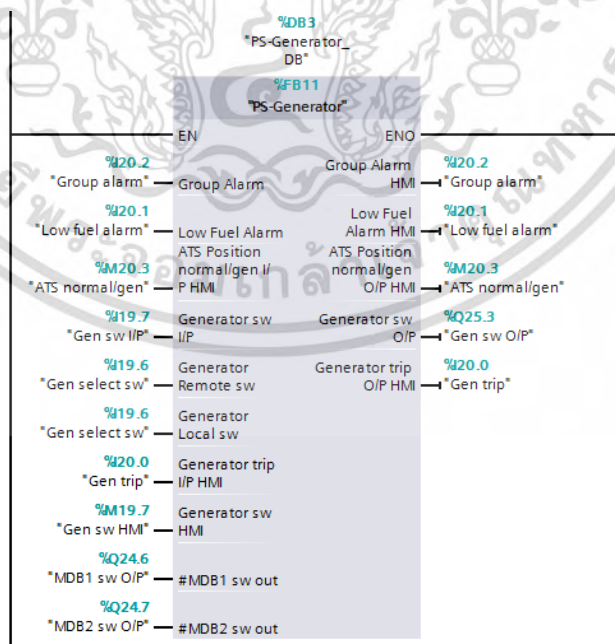
การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบนี้ จะใช้ 2 ภาษาคือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.24 คือ กำหนดให้ #Group Alarm เป็นอินพุตของที่รับค่าจากสวิทช์ภายนอกเพื่อจำลองว่าระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้าทำงานผิดปกติ #Group Alarm เป็นเอาต์พุตที่แสดงว่าระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้าทำงานผิดปกติบนหน้าจอโปรแกรม #Low Fuel Alarm เป็นอินพุตของที่รับค่าจากสวิทช์ภายนอกเพื่อจำลองว่าระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้ามีแบตเตอรี่ต่ำ #Low Fuel Alarm HMI เอาต์พุตที่แสดงว่าระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้ามีแบตเตอรี่

ต่ำ โดยแสดงบนหน้าจอโปรแกรม #Generator Remote sw และ #Generator Local sw เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นเว็บไซต์นี้ขอสงวนสิทธิ์ในไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุตที่รับค่ามาจากสวิตช์ภายนอกเพื่อกำหนดว่าระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในสถานะ Remote หรือ Local #Generator sw HMI เป็นอินพุตของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้าที่รับค่าจากหน้าจอโปรแกรม #Generator sw I/P เป็นอินพุตของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้าที่รับค่าจากสวิตช์ภายนอก #Generator sw O/P เป็นเอาต์พุตของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้าที่แสดงบนหน้าจอโปรแกรม #Generator trip I/P HMI เป็นอินพุตของสวิตช์เพื่อจำลองสถานะการที่รับค่าจากสวิตช์ภายนอก #Generator trip O/P HMI เป็นเอาต์พุตเพื่อจำลองสถานะการจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม โดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก ดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.24 ภาษาแลตเตอร์ของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า

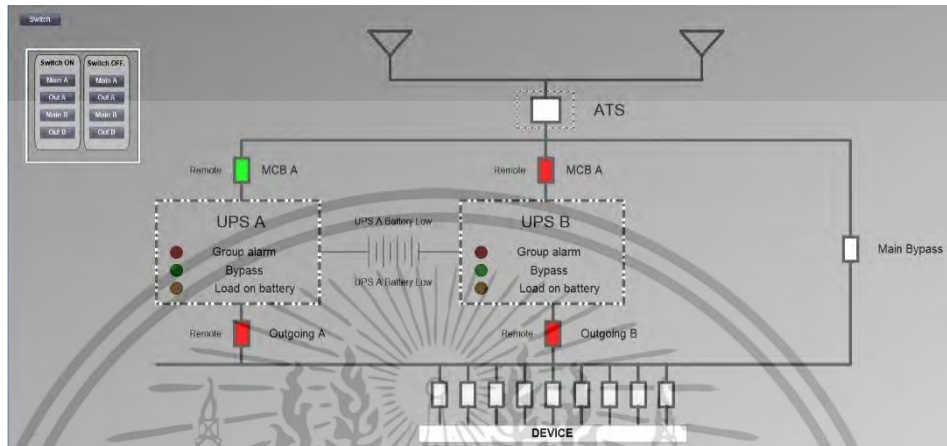


รูปที่ 4.25 ภาษาบล็อกของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

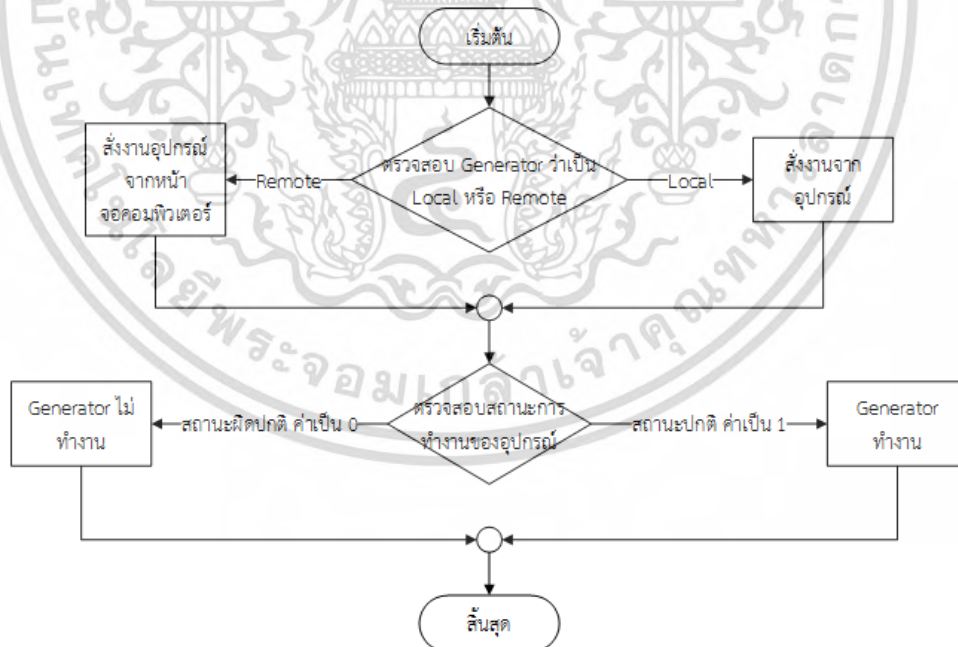
4.5.4. ระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Uninterruptible Power Supply, UPS)

ในโปรแกรมหน้านี้ จะมีส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟสำรอง ดังรูปที่ 4.26 โดยวงจรได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ Main Circuit Breaker (MCB), Outgoing Disconnecter Switch และ Bypass Switch



รูปที่ 4.26 วงจรแหล่งจ่ายไฟสำรอง

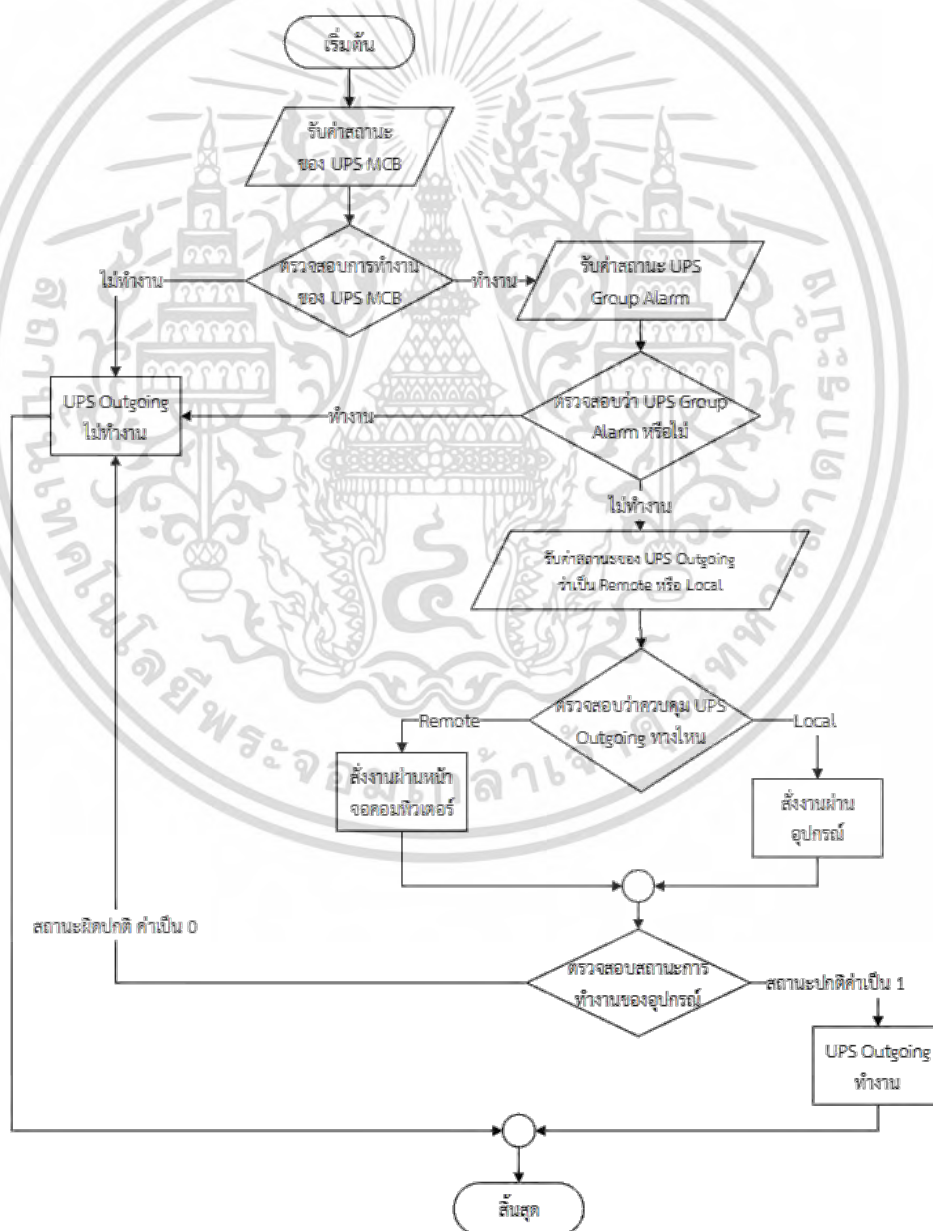
1. หลักการทำงานของระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง



รูปที่ 4.27 ผังงานการทำงานของ Main Circuit Breaker (MCB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของระบบนี้ ชั้นแรกผู้ใช้ต้องสั่งงานให้ Main Circuit Breaker (MCB) ทำงานก่อน โดยสามารถเลือกสั่งงานผ่านได้ 2 ทาง คือ ผ่านหน้าจอกอมพิวเตอร์ (Remote) และผ่านอุปกรณ์โดยตรง (Local) โดยเริ่มต้นจะสามารถสั่งงานผ่านหน้าจอกอมพิวเตอร์ หากต้องการควบคุมผ่านอุปกรณ์โดยตรง ต้องไปเปลี่ยนค่าที่อุปกรณ์ให้เป็น Local และในระบบนี้จะมี MCB 2 ตัว ซึ่งมีหลักการการทำงานเหมือนกัน แสดงผังงานการทำงานดังรูปที่ 4.27 ชั้นที่สอง เมื่อ MCB ทำงาน ผู้ใช้ต้องตรวจสอบความขัดข้องของระบบ UPS (Group Alarm) หากไม่มีความขัดข้อง UPS จะทำการส่งไฟออกไปยัง UPS Outgoing โดยผู้ใช้สามารถเลือกควบคุม UPS Outgoing ได้ 2 ทาง เช่นเดียวกับ MCB ซึ่งในระบบนี้มี UPS 2 ตัว และ UPS Outgoing 2 ตัว แสดงผังงานการทำงานของส่วนนี้ดังรูปที่ 4.28

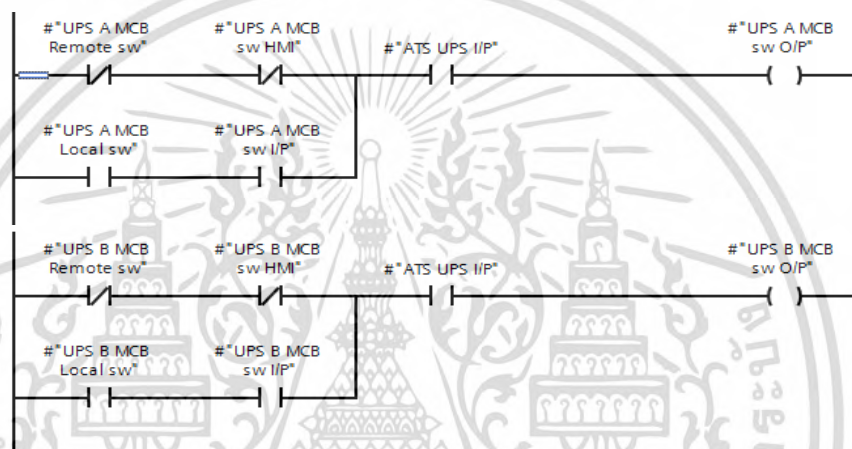


รูปที่ 4.28 ผังงานการทำงานของ UPS Outgoing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

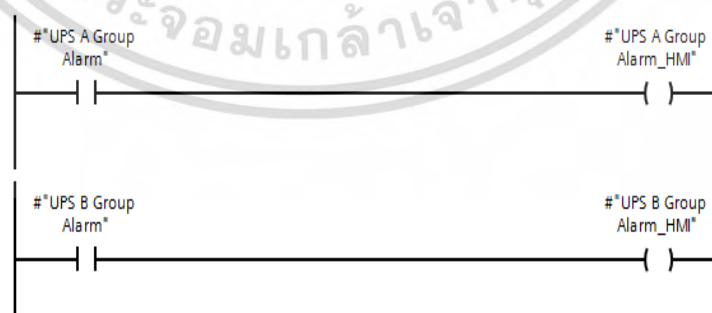
2. การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง

การเขียนโปรแกรมควบคุมของระบบนี้ จะใช้ 2 ภาษาคือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.29 คือ #UPS A MCB Remote sw และ #UPS A MCB Local sw เป็นอินพุตที่รับค่ามาจากสวิทช์ภายนอกเพื่อกำหนดว่า MCB ของ UPS A อยู่ในสถานะ Remote หรือ Local #UPS A MCB sw HMI เป็นอินพุตสวิทช์ MCB ของ UPS A ที่รับค่าจากหน้าจอโปรแกรม #UPS A MCB sw I/P เป็นอินพุตสวิทช์ MCB ของ UPS A ที่รับค่าจากสวิทช์ภายนอก #UPS A MCB sw O/P เป็นเอาต์พุตสวิทช์ MCB ของ UPS A ที่แสดงบนหน้าจอโปรแกรม โดย MCB ของ UPS B มีหลักการทำงานที่เหมือนกัน



รูปที่ 4.29 ภาษาแลตเตอร์ระบบ MCB ของ UPS A และUPS B

#UPS A Group Alarm เป็นอินพุตของที่รับค่าจากสวิทช์ภายนอกเพื่อจำลองว่าระบบแหล่งจ่ายไฟสำรองทำงานผิดปกติ #UPS A Group Alarm_HMI เป็นเอาต์พุตที่แสดงว่าระบบแหล่งจ่ายไฟสำรองทำงานผิดปกติบนหน้าจอโปรแกรม โดย Group Alarm UPS A มีหลักการทำงานที่เหมือนกับ Group Alarm UPS B ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 ภาษาแลตเตอร์ Group Alarm ของ UPS A และUPS B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#UPS A load on battery เป็นอินพุตของที่รับค่าจากสวิตช์ภายนอกเพื่อจำลองว่าระบบแหล่งจ่ายไฟสำรองทำงานบนแบตเตอรี่ #UPS A load on battery_HMI เป็นเอาต์พุตที่แสดงว่าระบบแหล่งจ่ายไฟสำรองทำงานบนแบตเตอรี่บนหน้าจอโปรแกรม โดย UPS A load on battery มีหลักการการทำงานที่เหมือนกับ UPS B load on battery ดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 ภาษาแลตเตอร์ UPS A และ UPS B ทำงานบนแบตเตอรี่

#UPS A Bypass sw ON เป็นอินพุตของที่รับค่าจากสวิตช์ภายนอกเพื่อจำลองว่าระบบแหล่งจ่ายไฟสำรองทำการผ่านสัญญาณ #UPS A Bypass sw ON_HMI เป็นเอาต์พุตที่ของระบบแหล่งจ่ายไฟสำรองทำการผ่านสัญญาณจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม โดย UPS A Bypass มีหลักการการทำงานที่เหมือนกับ UPS B Bypass ดังรูปที่ 4.32

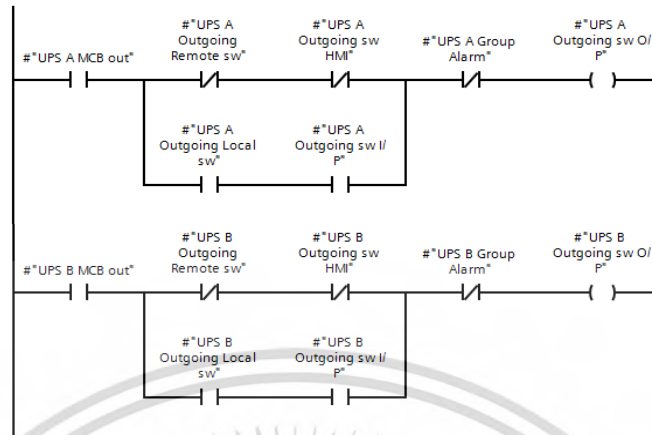


รูปที่ 4.32 ภาษาแลตเตอร์การผ่านสัญญาณของ UPS A และ UPS B

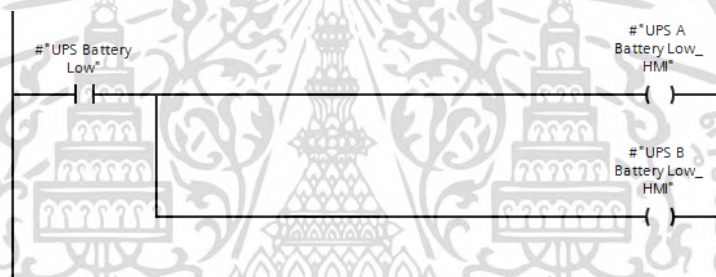
#UPS A MCB out เป็นอินพุตที่รับค่ามาจาก MCB ของ UPS A #UPS A Outgoing Remote sw และ #UPS A Outgoing Local sw เป็นอินพุตที่รับค่ามาจากสวิตช์ภายนอกเพื่อกำหนดว่า Outgoing UPS A อยู่ในสถานะ Remote หรือ Local #UPS A Outgoing sw HMI เป็นอินพุตของ Outgoing UPS A ที่รับค่าจากหน้าจอโปรแกรม #UPS A Outgoing sw I/P เป็นอินพุต Outgoing UPS A ที่รับค่าจากสวิตช์ภายนอก #UPS A Outgoing sw O/P เป็นเอาต์พุต Outgoing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UPS A ที่แสดงบนหน้าจอโปรแกรม โดย Outgoing UPS A และ Outgoing UPS B มีหลักการทำงานที่คล้ายกันแต่แตกต่างกันที่ Outgoing UPS B จะได้รับอินพุตมาจาก MCB ของ UPS B ดังรูปที่ 4.33

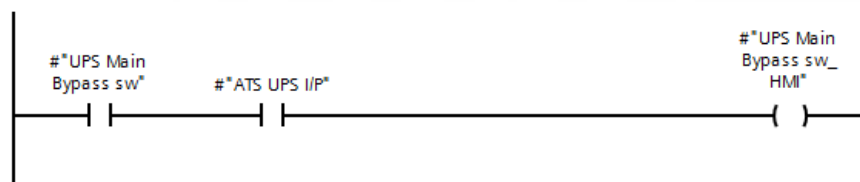


รูปที่ 4.33 ภาษาแลตเตอร์ Outgoing UPS A และ Outgoing UPS B



รูปที่ 4.34 ภาษาแลตเตอร์แสดงเหตุการณ์จำลองแบตเตอรี่ของ UPS ต่ำ

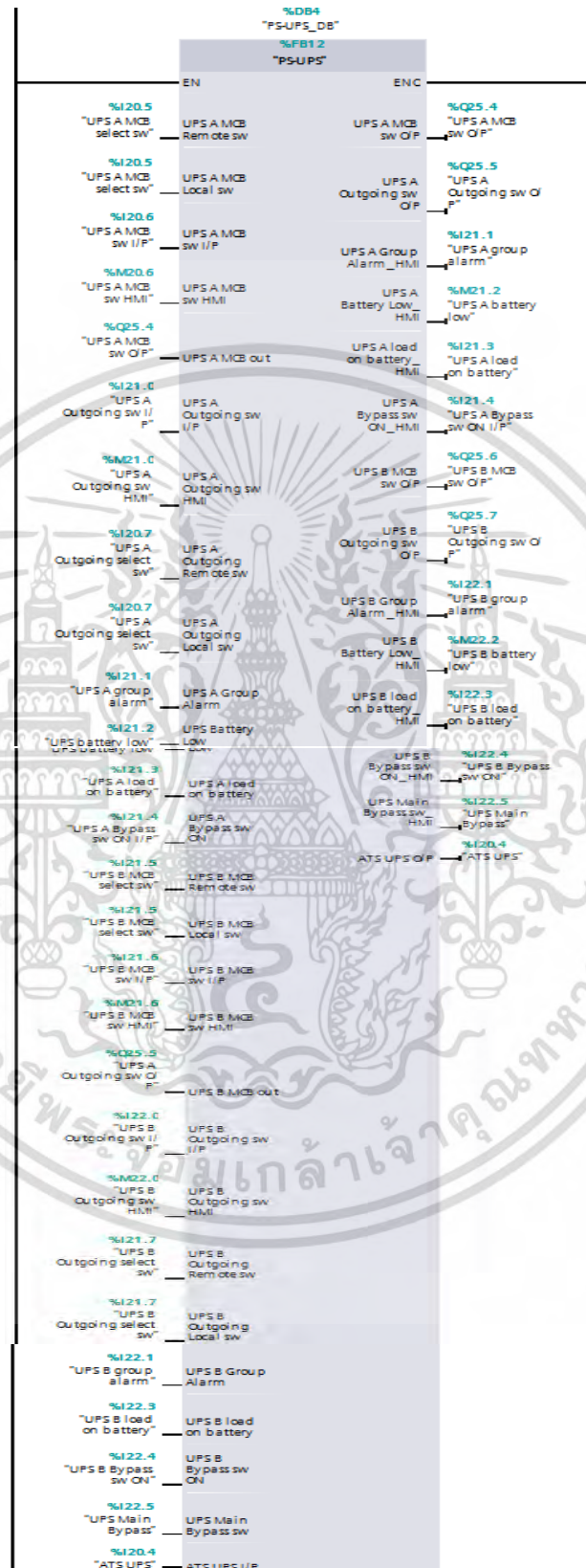
เนื่องจาก UPS A และ UPS B ใช้งานแบตเตอรี่เดียวกัน #UPS Battery Low เป็นอินพุตที่จำลองเหตุการณ์แบตเตอรี่ต่ำ #UPS A Battery Low_HMI และ #UPS B Battery Low_HMI เป็นเอาต์พุตที่แสดงว่าแบตเตอรี่ต่ำผ่านหน้าจอโปรแกรม ดังรูปที่ 4.34 #UPS A Bypass sw ON เป็นอินพุตของการผ่านสัญญาณของระบบที่รับค่าจากสวิตช์ภายนอก # UPS A Bypass sw ON_HMI เป็นเอาต์พุตที่แสดงการผ่านสัญญาณของระบบบนหน้าจอโปรแกรม ดังรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.35 ภาษาแลตเตอร์การผ่านสัญญาณของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก ดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.36 ภาษาบล็อกของระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.5. ระบบแสงสว่าง (Lighting System)

ในโปรแกรมนี้ได้ทำการแบ่งระบบนี้ออกเป็น 8 โซน ได้แก่ ส่วนชานชาลา 3 โซน ส่วนสถานี 3 โซน และส่วนอุโมงค์ 2 โซน ดังรูปที่ 4.37



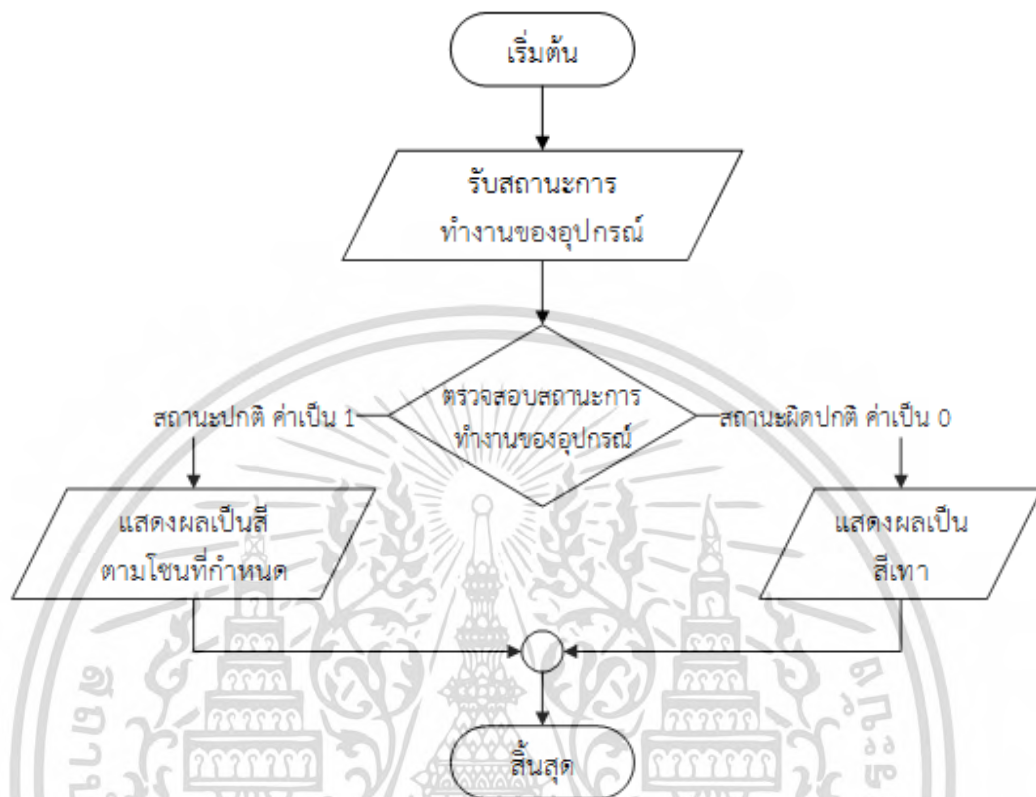
รูปที่ 4.37 จอแสดงผลของระบบแสงสว่าง

1. หลักการทำงานของระบบแสงสว่าง

ในส่วนของระบบแสงสว่าง โปรแกรมจะทำการรับค่าจากหลอดไฟแต่ละโซนที่แบ่งไว้ ซึ่งแต่ละโซนจะมีสีที่แตกต่างกัน เพื่อแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ตามโซนที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

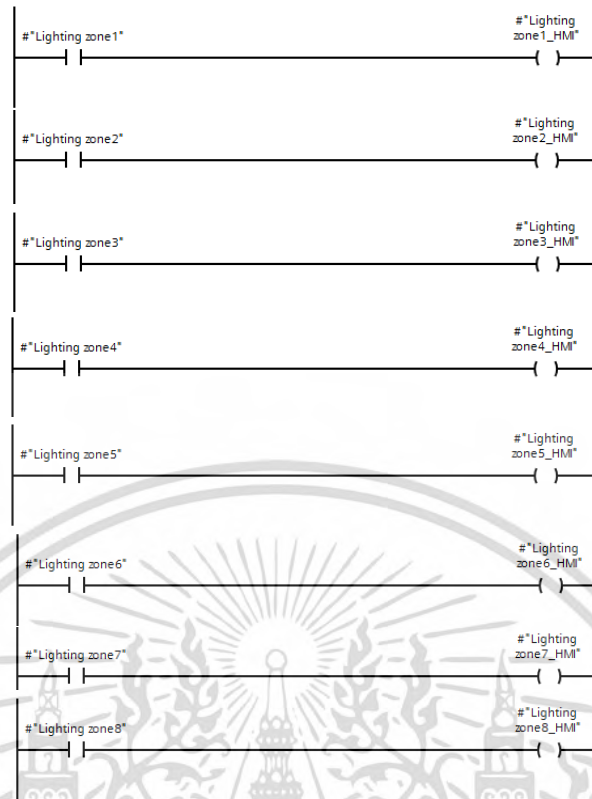
และหากปิดหลอดไฟจะแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นสีเทา มีผังงานการทำงานดังรูปที่ 4.38



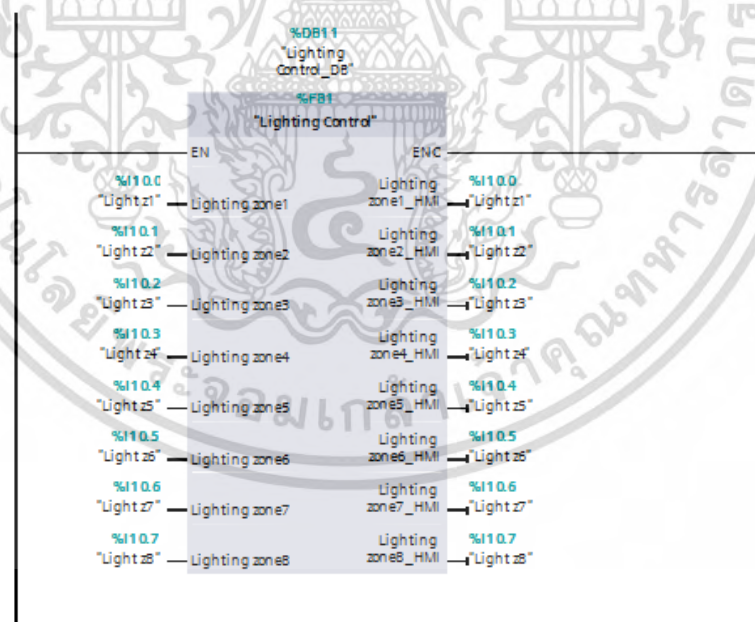
รูปที่ 4.38 ผังงานการทำงานของระบบแสงสว่าง

2. การเขียนโปรแกรมระบบแสงสว่าง

ระบบแสงสว่างจะแบ่งเป็น 8 โซน ซึ่งจะมีหลักการทำงานเหมือนกัน โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมของระบบนี้ จะใช้ 2 ภาษาคือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.39 คือ #Lighting zone1 เป็นอินพุตของระบบแสงสว่างที่รับค่าจากสวิทช์ภายนอก #Lighting zone1_HM เป็นเอาต์พุตที่ของระบบแสงสว่างแสดงบนหน้าจอโปรแกรม โดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก ดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.39 ภาษาแลตเตอร์ระบบแสงสว่าง

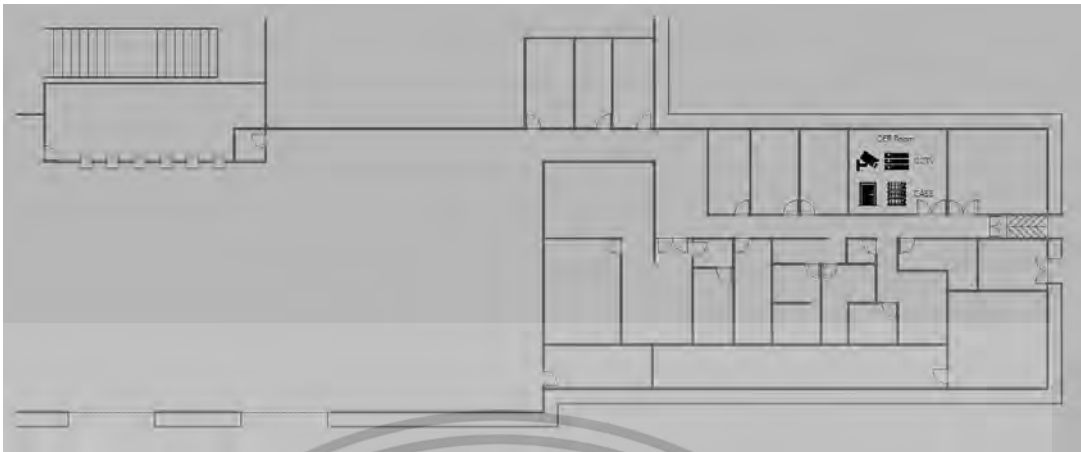


รูปที่ 4.40 ภาษาบัสอีกระบบแสงสว่าง

4.5.6. ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System)

ในระบบนี้จะแบ่งออกเป็น 2 อุปกรณ์ ได้แก่ กล้องวงจรปิด (CCTV) และระบบควบคุมการ

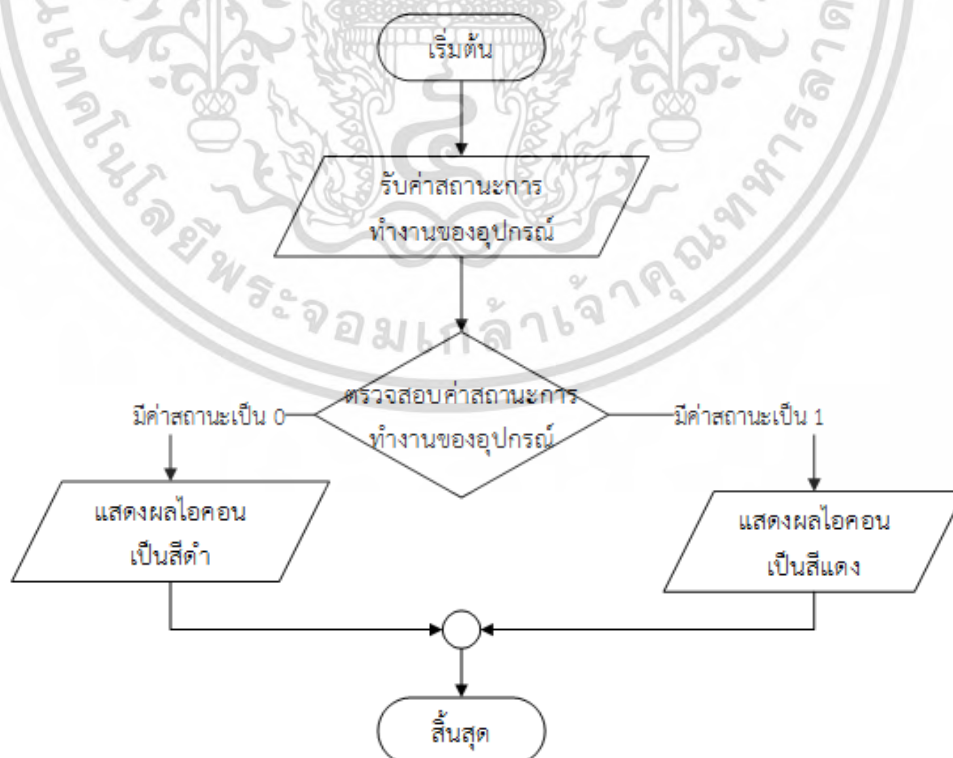
เข้าถึง (Controlled Access Security System, CASS) ดังรูปที่ 4.41 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 ส่วนแสดงผลของระบบรักษาความปลอดภัย

1. หลักการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย

ในส่วนของระบบรักษาความปลอดภัย โปรแกรมจะทำการรับค่าจากกล้องวงจรปิด และระบบควบคุมการเข้าถึง ซึ่งหากอุปกรณ์ใดทำงานปกติ จะแสดงผลเป็นไอคอนสีดำ แต่ถ้าหากอุปกรณ์ใดมีความผิดปกติหรือชำรุด จะแสดงผลเป็นไอคอนสีแดง และมีผังงานการทำงานดังรูปที่ 4.42



รูปที่ 4.42 ผังงานการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

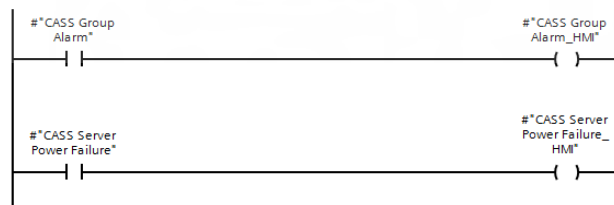
2. การเขียนโปรแกรมระบบรักษาความปลอดภัย

การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบกล้องวงจรปิดจะใช้ 2 ภาษา คือ ภาษาแลตเตอร์ และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.43 คือ #CCTV Group Alarm เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์ระบบกล้องวงจรปิดทำงานผิดปกติ ที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #CCTV Group Alarm_HMI เป็นเอาต์พุตเหตุการณ์ระบบกล้องวงจรปิดทำงานผิดปกติจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม #CCTV NVR Power Failure เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์ระบบการบันทึกของกล้องวงจรปิดทำงานผิดปกติ ที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #CCTV NVR Power Failure_HMI เป็นเอาต์พุตเหตุการณ์ระบบการบันทึกของกล้องวงจรปิดทำงานผิดปกติจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม



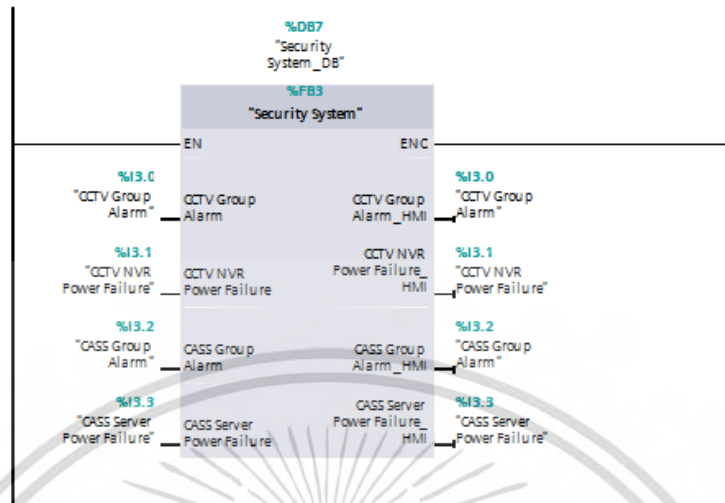
รูปที่ 4.43 ภาษาแลตเตอร์ระบบกล้องวงจรปิด

การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบควบคุมการเข้าถึง จะใช้ 2 ภาษาคือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.44 คือ #CASS Group Alarm เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์ระบบควบคุมการเข้าถึงทำงานผิดปกติ ที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #CASS Group Alarm_HMI เป็นเอาต์พุตเหตุการณ์ระบบควบคุมการเข้าถึงทำงานผิดปกติ ซึ่งจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม #CASS Server Power Failure เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์เซิร์ฟเวอร์ระบบควบคุมการเข้าถึงทำงานผิดปกติ ที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #CASS Server Power Failure_HMI เป็นเอาต์พุตเหตุการณ์ระบบเซิร์ฟเวอร์ระบบควบคุมการเข้าถึงทำงานผิดปกติจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม



รูปที่ 4.44 ภาษาแลตเตอร์ของระบบควบคุมการเข้าถึง

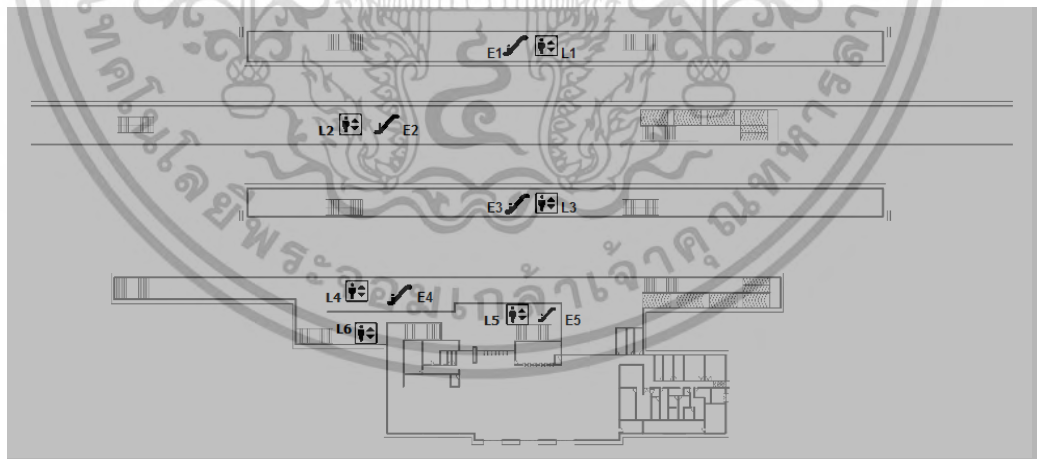
โดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก ดังรูปที่ 4.45



รูปที่ 4.45 ภาษาบล็อกระบบรักษาความปลอดภัย

4.5.7. ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน (Lift & Escalator)

ในระบบนี้จะแสดงผลการทำงานของ 2 อุปกรณ์ ได้แก่ ลิฟต์ (Lift) และบันไดเลื่อน (Escalator) โดยจะมีตำแหน่งลิฟต์ทั้งหมด 6 ตำแหน่ง และ ตำแหน่งบันไดเลื่อนทั้งหมด 5 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 4.46

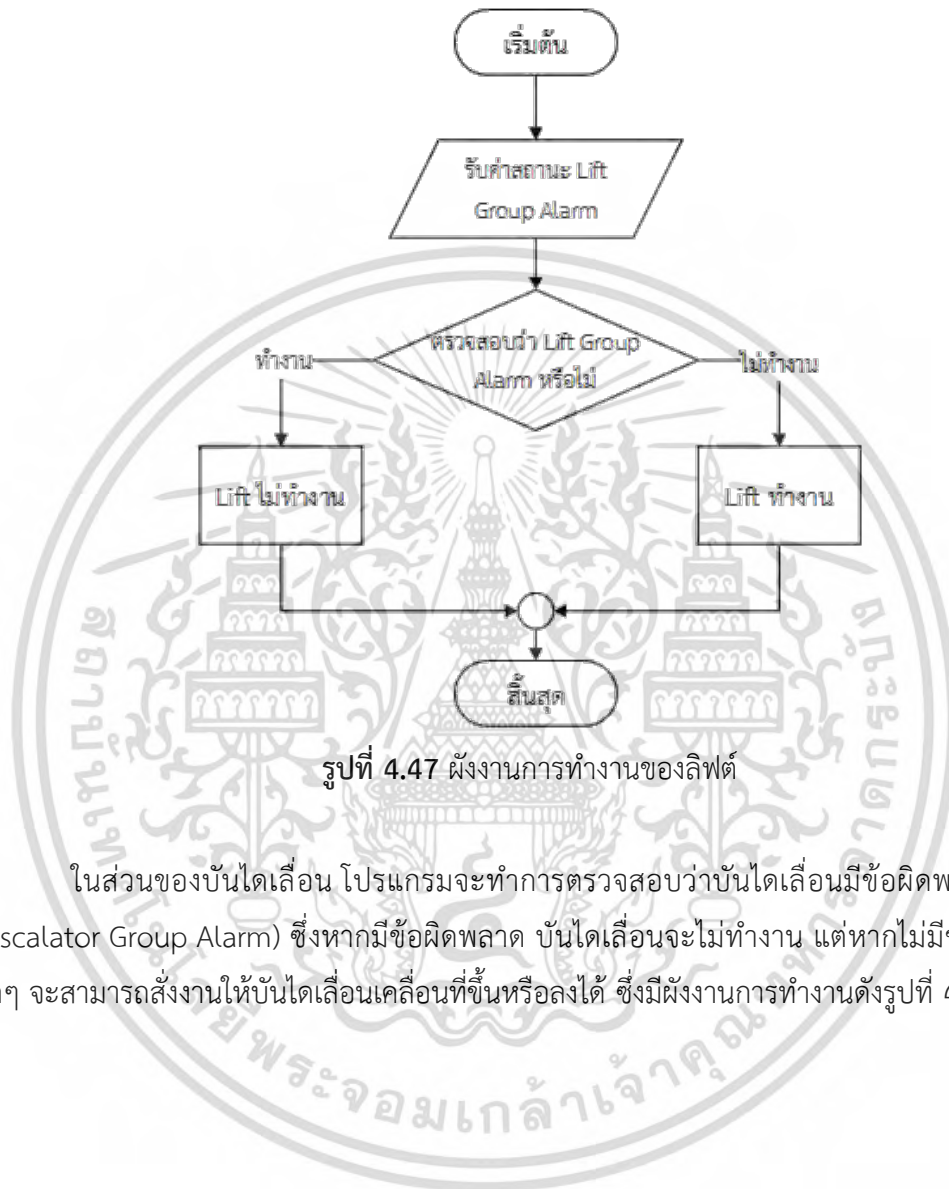


รูปที่ 4.46 ส่วนแสดงผลการทำงานของระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน

1. หลักการทำงานของระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน

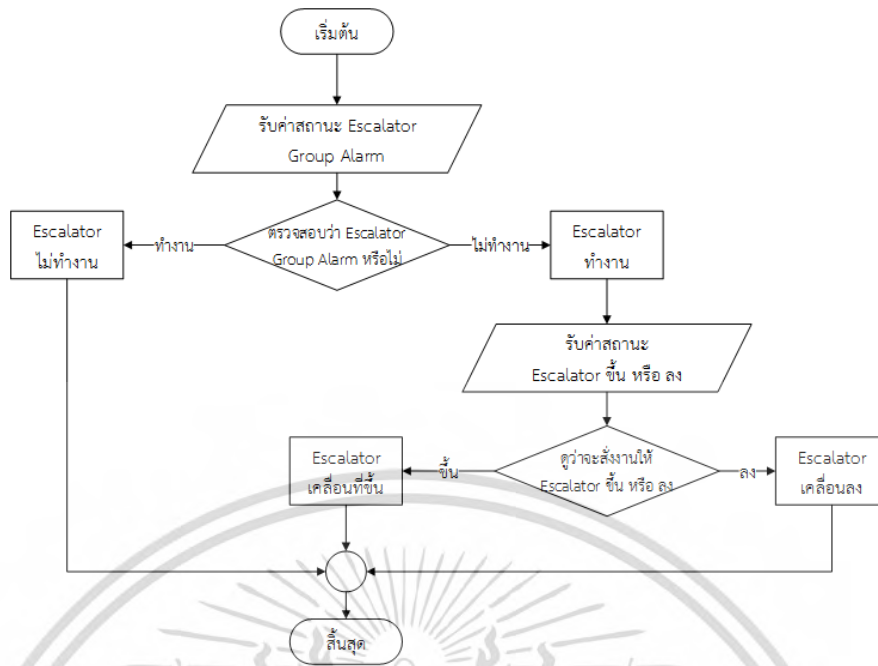
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของลิฟต์ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าลิฟต์มีข้อผิดพลาดหรือไม่ (Lift Group Alarm) ซึ่งหากลิฟต์มีข้อผิดพลาด ลิฟต์จะไม่สามารถทำงานได้ และหากลิฟต์ไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ ลิฟต์จะสามารถทำงานได้เป็นปกติ มีผังงานการทำงานดังรูปที่ 4.47



รูปที่ 4.47 ผังงานการทำงานของลิฟต์

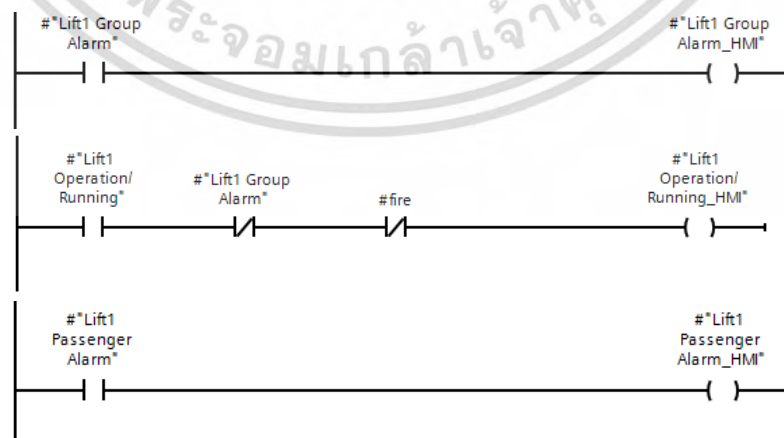
ในส่วนของบันไดเลื่อน โปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าบันไดเลื่อนมีข้อผิดพลาดหรือไม่ (Escalator Group Alarm) ซึ่งหากมีข้อผิดพลาด บันไดเลื่อนจะไม่ทำงาน แต่หากไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ จะสามารถสั่งงานให้บันไดเลื่อนเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงได้ ซึ่งมีผังงานการทำงานดังรูปที่ 4.48



รูปที่ 4.48 ผังงานการทำงานของบันไดเลื่อน

2. การเขียนโปรแกรมระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน

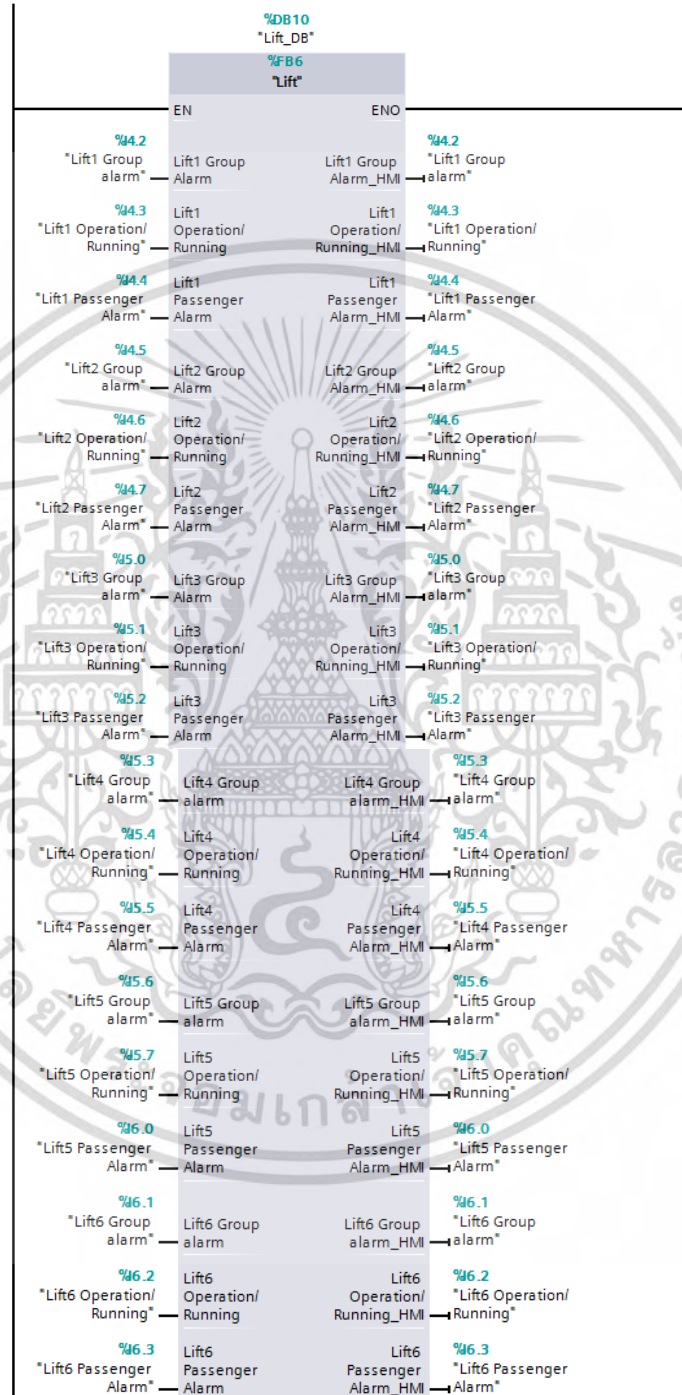
เหตุการณ์ของลิฟต์ที่ทำงานผิดปกติ ที่รับค่าจากสวิทช์ภายนอก #Lift1 Group Alarm_HMI เป็นเอาต์พุตการจำลองเหตุการณ์ของลิฟต์ที่ทำงานผิดปกติจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม #Lift1 Operation/Running เป็นอินพุตการสั่งงานของลิฟต์ที่รับค่าจากสวิทช์ภายนอก #Lift1 Operation/Running_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงสถานะการทำงานของลิฟต์ผ่านหน้าจอโปรแกรม #fire เป็นเอาต์พุตจากการแจ้งเตือนไฟไหม้ #Lift1 Passenger Alarm เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์ของลิฟต์ที่มีผู้โดยสารกดปุ่มฉุกเฉินภายในลิฟต์ และ #Lift1 Passenger Alarm_HMI เป็นเอาต์พุตการจำลองเหตุการณ์ของลิฟต์ที่มีผู้โดยสารกดปุ่มฉุกเฉินภายในลิฟต์



รูปที่ 4.49 ตัวอย่างภาษาแลดเดอร์ของระบบลิฟต์

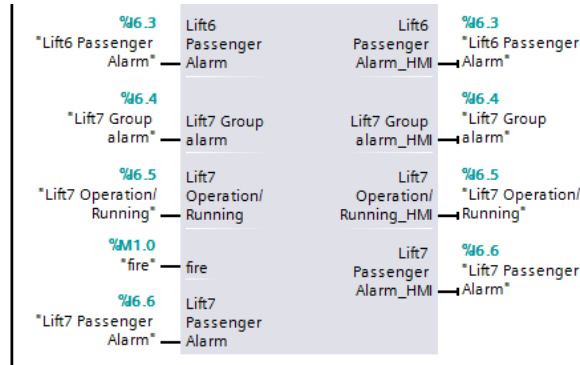
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโปรแกรมควบคุมลิฟต์ 1 ตัว จะใช้ 2 ภาษา คือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.49 คือ #Lift1 Group Alarm เป็นอินพุตการจำลอง โดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก ดังรูปที่ 4.50

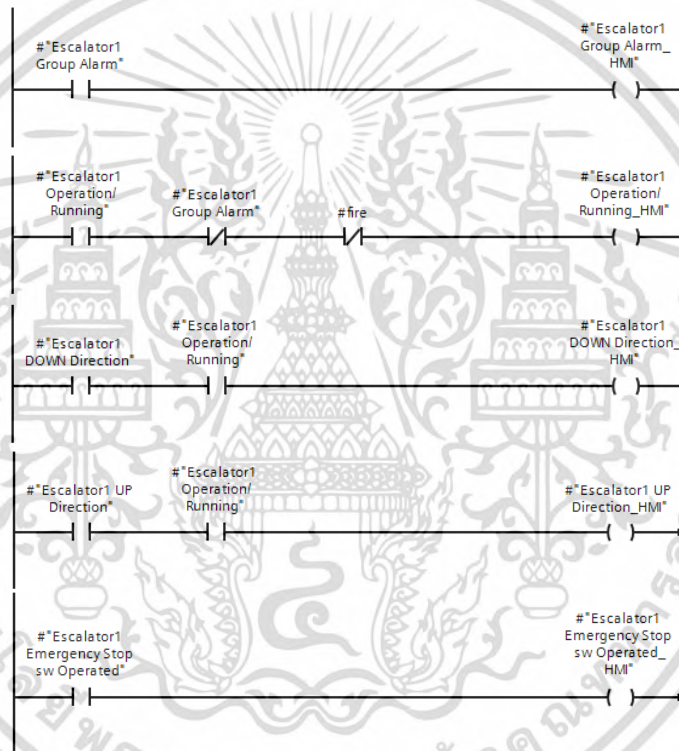


รูปที่ 4.50 ภาษาบล็อกของลิฟต์ทุกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.50 ภาษาบล็อกของลิฟต์ทุกตัว (ต่อ)

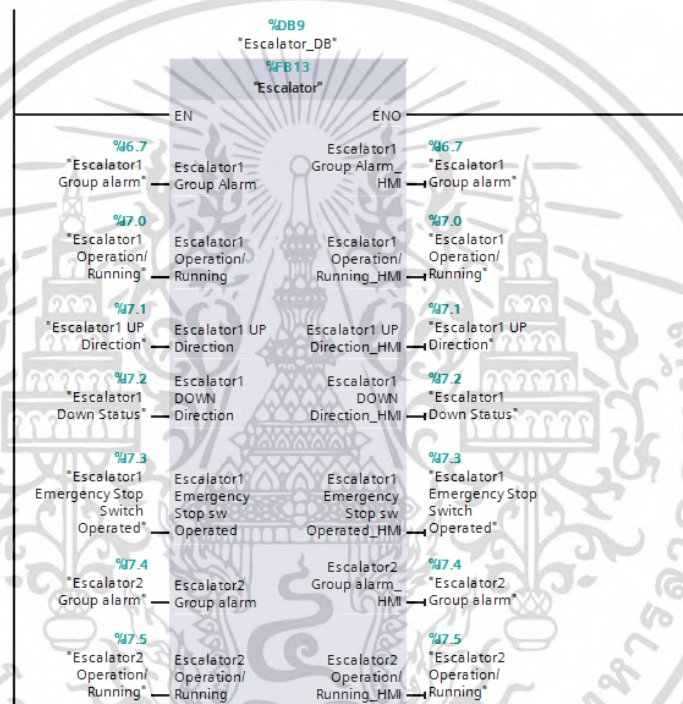


รูปที่ 4.51 ภาษาแลดเดอร์ของบันไดเลื่อน

การเขียนโปรแกรมควบคุมบันไดเลื่อน 1 ตัว จะใช้ 2 ภาษา คือ ภาษาแลดเดอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลดเดอร์ดังรูปที่ 4.51 คือ #Escalator1 Group Alarm เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์ของบันไดเลื่อนที่ทำงานผิดปกติ ที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #Escalator1 Group Alarm_HMI เป็นเอาต์พุตการจำลองเหตุการณ์ของบันไดเลื่อนที่ทำงานผิดปกติ จะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม #Escalator1 Operation/Running เป็นอินพุตการสั่งงานของบันไดเลื่อนที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #Escalator1 Operation/Running_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงสถานะการทำงานของบันไดเลื่อนผ่านหน้าจอโปรแกรม #fire เป็นเอาต์พุตจากการแจ้งเตือนไฟไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#Escalator1 DOWN Direction เป็นอินพุตการสั่งงานให้บันไดเลื่อนเคลื่อนที่ลงที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #Escalator1 DOWN Direction_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงสถานะการเคลื่อนที่ลงของบันไดเลื่อน #Escalator1 UP Direction เป็นอินพุตการสั่งงานให้บันไดเลื่อนเคลื่อนที่ขึ้นที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #Escalator1 UP Direction_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงสถานะการเคลื่อนที่ขึ้นของบันไดเลื่อน #Escalator1 Emergency Stop sw Operated เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์ของบันไดเลื่อนที่มีผู้โดยสารกดปุ่มฉุกเฉินที่บันไดเลื่อน และ #Escalator1 Emergency Stop sw Operated_HMI เป็นเอาต์พุตการจำลองเหตุการณ์ของบันไดเลื่อนที่มีผู้โดยสารกดปุ่มฉุกเฉินที่บันไดเลื่อน โดยได้ทำการแปลงภาษาแลดเดอร์ให้เป็นภาษาล็อก ดังรูปที่ 4.52



รูปที่ 4.52 ภาษาล็อกของบันไดเลื่อนทุกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

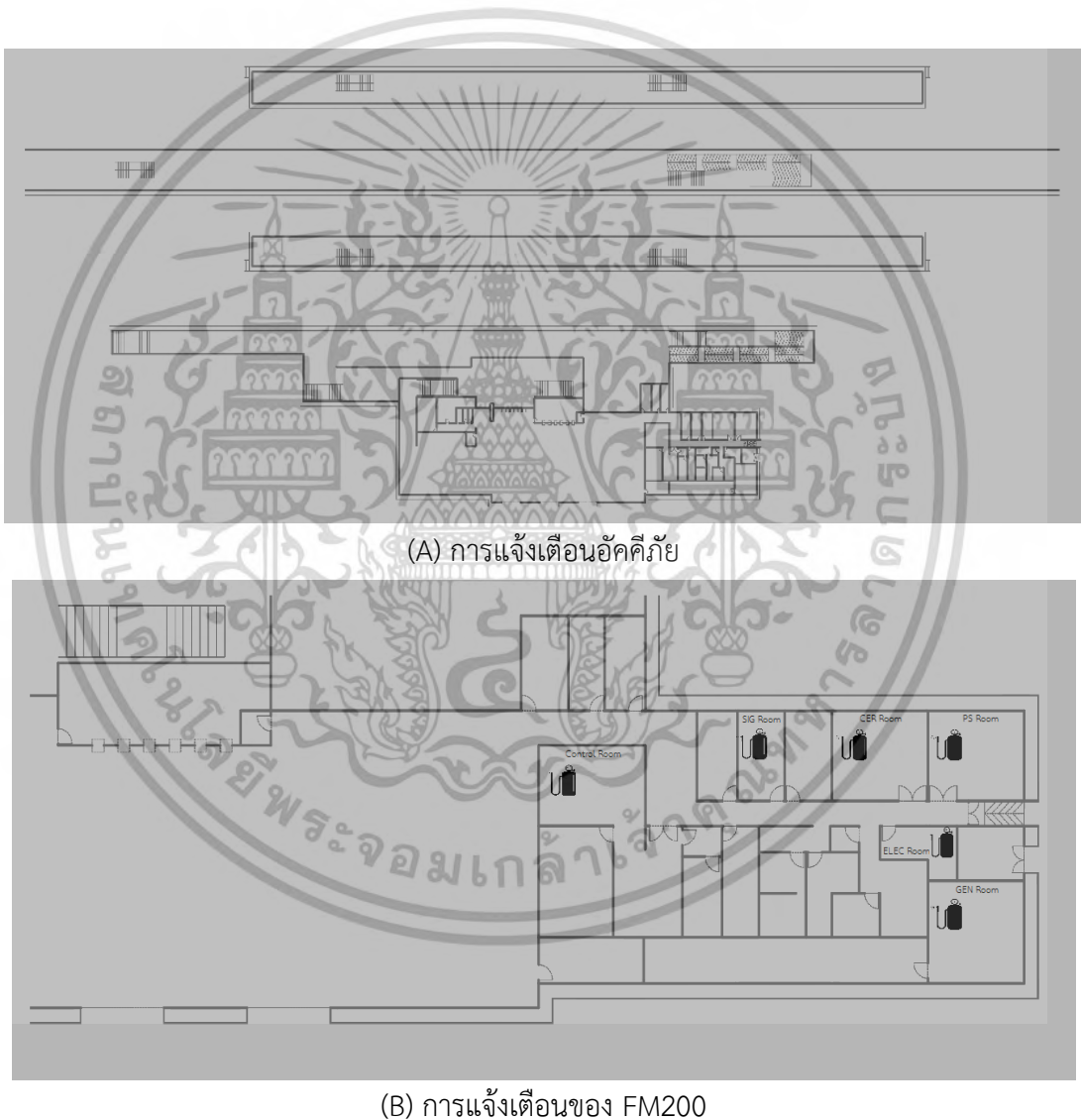
%47.6 *Escalator2 UP Direction*	Escalator2 UP Direction	Escalator2 UP Direction_HMI	%47.6 *Escalator2 UP Direction*
%47.7 *Escalator2 Down Status*	Escalator2 Down Direction	Escalator2 Down Direction_HMI	%47.7 *Escalator2 Down Status*
%48.0 *Escalator2 Emergency Stop Switch Operated*	Escalator2 Emergency Stop Switch Operated	Escalator2 Emergency Stop Switch Operated_HMI	%48.0 *Escalator2 Emergency Stop Switch Operated*
%48.1 *Escalator3 Group alarm*	Escalator3 Group alarm	Escalator3 Group alarm_ HMI	%48.1 *Escalator3 Group alarm*
%48.2 *Escalator3 Operation/ Running*	Escalator3 Operation/ Running	Escalator3 Operation/ Running_HMI	%48.2 *Escalator3 Operation/ Running*
%48.3 *Escalator3 UP Direction*	Escalator3 UP Direction	Escalator3 UP Direction_HMI	%48.3 *Escalator3 UP Direction*
%48.4 *Escalator3 Down Status*	Escalator3 Down Direction	Escalator3 Down Direction_HMI	%48.4 *Escalator3 Down Status*
%48.5 *Escalator3 Emergency Stop Switch Operated*	Escalator3 Emergency Stop Switch Operated	Escalator3 Emergency Stop Switch Operated_HMI	%48.5 *Escalator3 Emergency Stop Switch Operated*
%48.6 *Escalator4 Group alarm*	Escalator4 Group alarm	Escalator4 Group alarm_ HMI	%48.6 *Escalator4 Group alarm*
%48.7 *Escalator4 Operation/ Running*	Escalator4 Operation/ Running	Escalator4 Operation/ Running_HMI	%48.7 *Escalator4 Operation/ Running*
%49.0 *Escalator4 UP Direction*	Escalator4 UP Direction	Escalator4 UP Direction_HMI	%49.0 *Escalator4 UP Direction*
%49.1 *Escalator4 Down Status*	Escalator4 Down Direction	Escalator4 Down Direction_HMI	%49.1 *Escalator4 Down Status*
%49.2 *Escalator4 Emergency Stop Switch Operated*	Escalator4 Emergency Stop Switch Operated	Escalator4 Emergency Stop Switch Operated_HMI	%49.2 *Escalator4 Emergency Stop Switch Operated*
%49.3 *Escalator5 Group alarm*	Escalator5 Group alarm	Escalator5 Group alarm_ HMI	%49.3 *Escalator5 Group alarm*
%49.4 *Escalator5 Operation/ Running*	Escalator5 Operation/ Running	Escalator5 Operation/ Running_HMI	%49.4 *Escalator5 Operation/ Running*
%49.5 *Escalator5 UP Direction*	Escalator5 UP Direction	Escalator5 UP Direction_HMI	%49.5 *Escalator5 UP Direction*
%49.6 *Escalator5 Down Status*	Escalator5 Down Direction	Escalator5 Down Direction_HMI	%49.6 *Escalator5 Down Status*
%M1.0 *fire*	fire		%49.7 *Escalator5 Emergency Stop Switch Operated*
%49.7 *Escalator5 Emergency Stop Switch Operated*	Escalator5 Emergency Stop Switch Operated	Escalator5 Emergency Stop Switch Operated_HMI	%49.7 *Escalator5 Emergency Stop Switch Operated*

รูปที่ 4.52 ภาษาบล็อกรุ่นบันไดเลื่อนทุกตัว (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.8. ระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย (Fire Protection & Detection System)

ในระบบนี้จะแบ่งการแสดงผลการทำงานออกเป็น 2 หน้า ได้แก่ หน้าการแจ้งเตือนอัคคีภัย ซึ่งจะแบ่งพื้นที่การแจ้งเตือนอัคคีภัยออกเป็น 3 โซน ได้แก่ โซนชานชาลา โซนสถานีและโซนห้องต่างๆ และหน้าการทำงานของสารสะอาดดับเพลิง (FM200) โดยส่วนนี้จะอยู่ในห้องที่มีความสำคัญต่างๆ ภายในสถานี ซึ่งจะประกอบไปด้วย 6 ห้อง ดังนี้ ห้องควบคุม (Control Room) ห้องการสื่อสาร (Communication Room) ห้องส่งสัญญาณ (Signaling Room) ห้องจ่ายไฟของสถานี (Station Power Supply Room) ห้องควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า (Generator Room) และห้องไฟฟ้า (Electrical Room) ดังรูปที่ 4.53



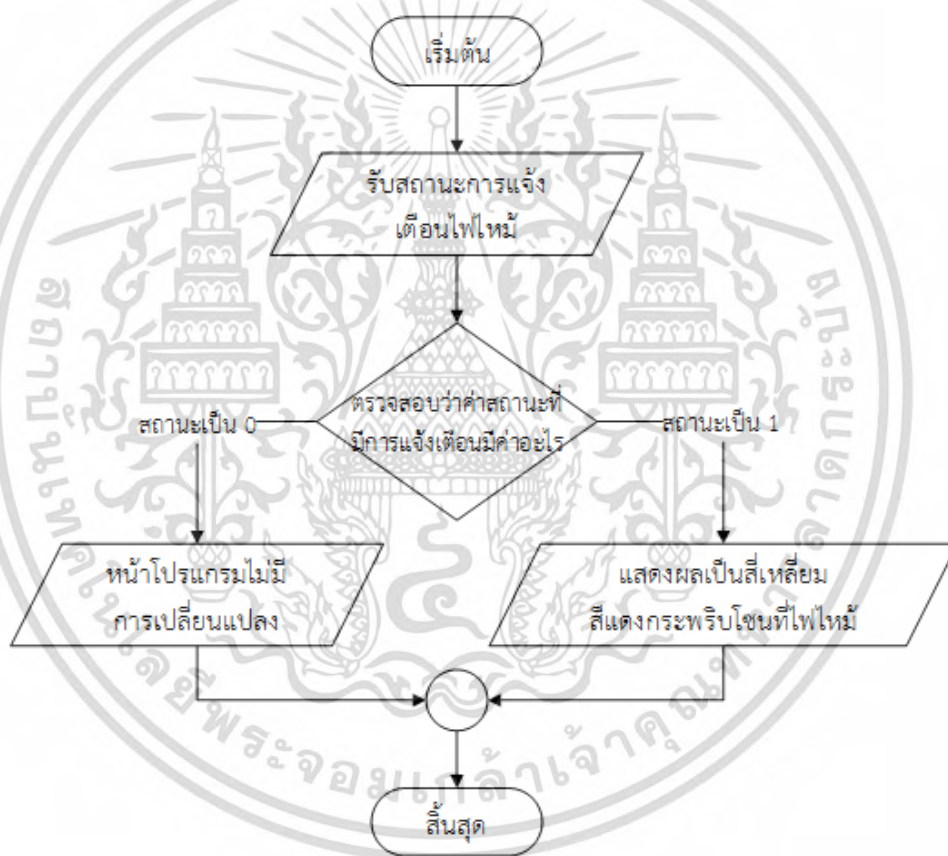
รูปที่ 4.53 หน้าโปรแกรมของระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย

ในระบบนี้จะแบ่งการแสดงผลการทำงานออกเป็น 2 หน้า ได้แก่ หน้าการแจ้งเตือนอัคคีภัย ซึ่งจะแบ่งพื้นที่การแจ้งเตือนอัคคีภัยออกเป็น 3 โซน ได้แก่ โซนชานชาลา โซนสถานีและโซนห้องเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆ และหน้าการทำงานของสารสะอาดดับเพลิง (FM200) โดยส่วนนี้จะอยู่ในห้องที่มีความสำคัญต่างๆ ภายในสถานี ซึ่งจะประกอบไปด้วย 6 ห้อง ดังนี้ ห้องควบคุม (Control Room) ห้องการสื่อสาร (Communication Room) ห้องส่งสัญญาณ (Signaling Room) ห้องจ่ายไฟของสถานี (Station Power Supply Room) ห้องควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า (Generator Room) และห้องไฟฟ้า (Electrical Room) ดังรูปที่ 4.53

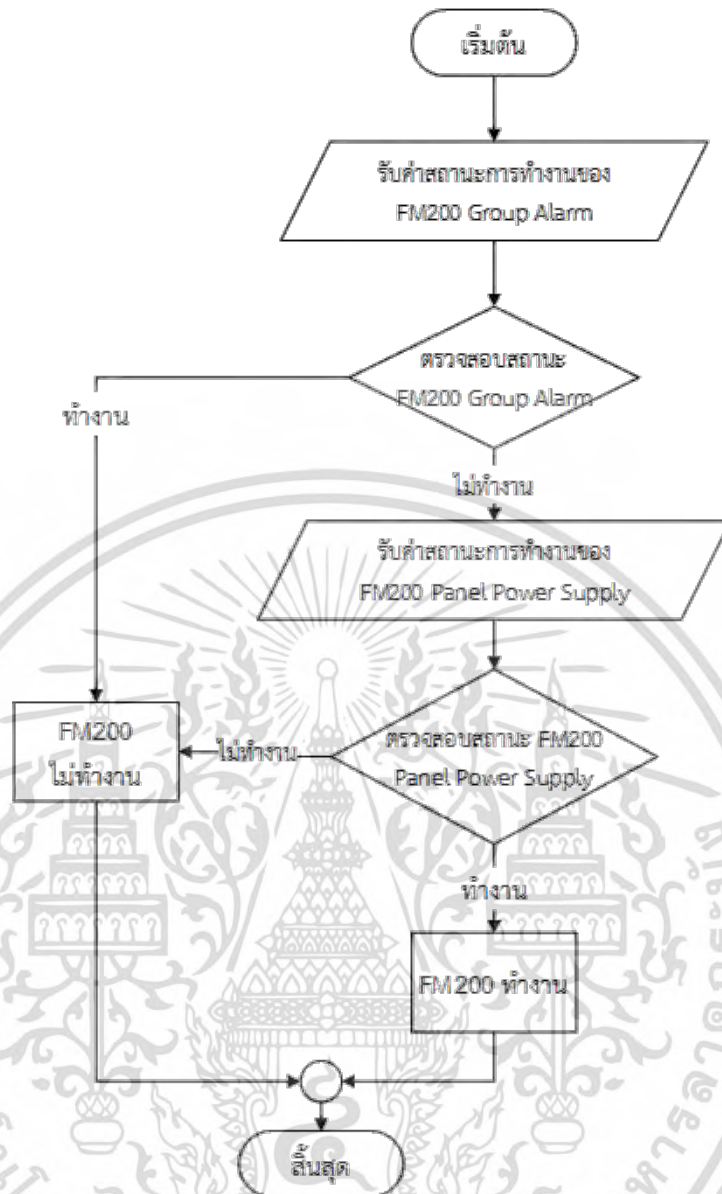
1. หลักการทำงานของระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย

ในส่วนของการแจ้งเตือนอัคคีภัย โปรแกรมจะรับค่าการแจ้งเตือนไฟไหม้ ซึ่งหากมีเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ จะแสดงผลเป็นสีเหลี่ยมสีแดงกระพริบ แต่หากไม่มีเหตุการณ์ไฟไหม้เกิดขึ้น จะไม่มีการแสดงผลใดๆ บนหน้าโปรแกรม มีผังงานแสดงดังรูปที่ 4.54



รูปที่ 4.54 ผังงานการทำงานของระบบการแจ้งเตือนอัคคีภัย

ในส่วนของ FM200 โปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่า FM200 มีข้อผิดพลาดหรือไม่ (FM200 Group Alarm) หากมีข้อผิดพลาด FM200 จะไม่ทำงาน แต่หากไม่มีข้อผิดพลาด FM200 จะสามารถรับค่าจาก FM200 Panel Power Supply เพื่อตรวจสอบว่า FM200 ทำงานอยู่หรือไม่ แสดงผังงานการทำงานดังรูปที่ 4.55



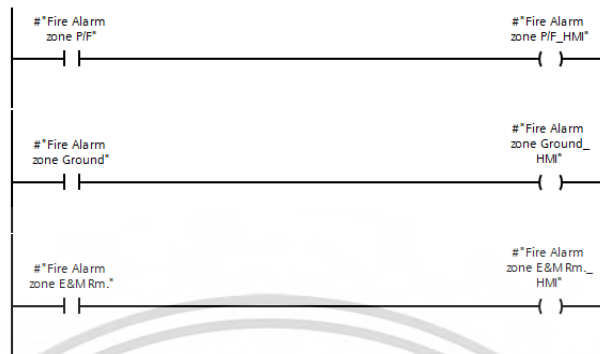
รูปที่ 4.55 ผังงานการทำงานของ FM200

2. การเขียนโปรแกรมระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย

การเขียนโปรแกรมการแจ้งเตือนไฟไหม้จะใช้ 2 ภาษา คือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบัสล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.56 คือ #Fire Alarm zone p/f เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์การเกิดไฟไหม้บริเวณชานชาลา ที่รับค่าจากสวิทช์ภายนอก #Fire Alarm zone p/f_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงการแจ้งเตือนไฟไหม้บริเวณชานชาลา โดยจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม #Fire Alarm zone ground เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์การเกิดไฟไหม้บริเวณสถานี ที่รับค่าจากสวิทช์ภายนอก #Fire Alarm zone ground_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงการแจ้งเตือนไฟไหม้บริเวณสถานี โดยจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม #Fire Alarm zone e&m Rm. เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์การเกิดไฟไหม้บริเวณห้องควบคุมทุกห้อง ที่รับค่าจากสวิทช์ภายนอก #Fire Alarm zone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

e&m Rm._HMI เป็นเอาต์พุตแสดงการแจ้งเตือนไฟไหม้บริเวณห้องควบคุมทุกห้อง โดยจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรม



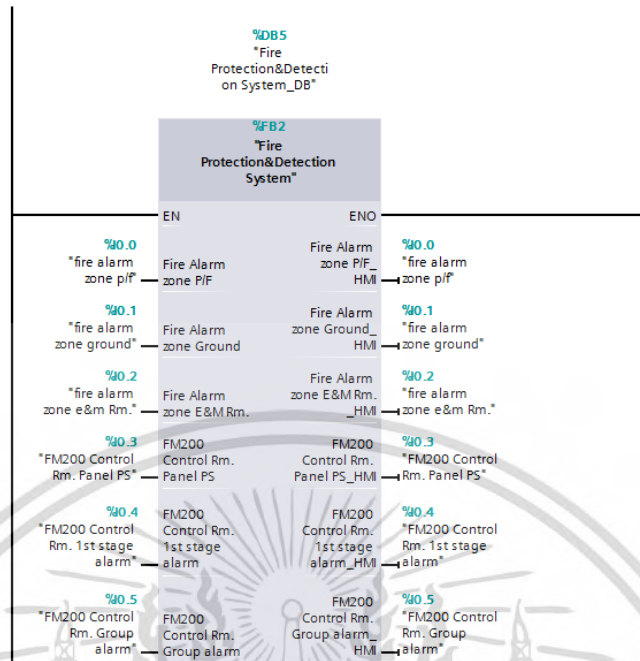
รูปที่ 4.56 ภาษาแลตเตอร์ของการแจ้งเตือนไฟไหม้



รูปที่ 4.57 ตัวอย่างภาษาแลตเตอร์ของ FM200 1 ห้อง

การเขียนโปรแกรมการแจ้งเตือนไฟไหม้จะใช้ 2 ภาษา คือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.57 คือ #FM200 CER Rm. 1st stage alarm เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์การทำงานของ FM200 ที่อยู่ในสถานะ 1st stage ภายในห้องการสื่อสาร (Communication Room, CER Rm.) โดยรับค่าจากสวิทช์ภายนอก #FM200 CER Rm. 1st stage alarm_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงการทำงานของ FM200 ที่อยู่ในสถานะ 1st stage ภายในห้องการสื่อสาร ผ่านหน้าจอโปรแกรม #FM200 CER Rm. Group alarm เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์การทำงานผิดปกติของ FM200 ภายในห้องการสื่อสาร โดยรับค่าจากสวิทช์ภายนอก #FM200 CER Rm. Group alarm_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงการทำงานของ FM200 ภายในห้องการสื่อสาร ผ่านหน้าจอโปรแกรม #FM200 CER Rm. Panel PS เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์การทำงานของแผงวงจรไฟฟ้าของ FM200 ภายในห้องการสื่อสาร โดยรับค่าจากสวิทช์ภายนอก #FM200 CER Rm. Panel PS_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงการทำงานของแผงวงจรไฟฟ้าของ FM200 ผ่านหน้าจอโปรแกรม โดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก ดังรูปที่ 4.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.58 ภาษาบล็อกของระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

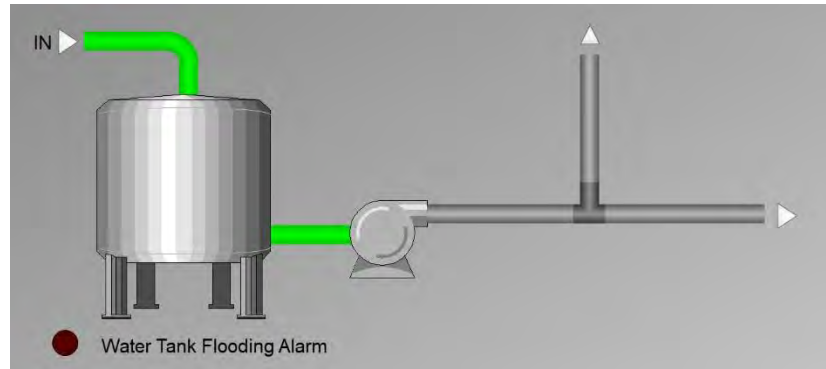
%0.7 *FM200 SIG Rm. 1st stage alarm*	FM200 SIG Rm. 1st stage alarm	FM200 SIG Rm. 1st stage alarm_HMI	%0.7 *FM200 SIG Rm. 1st stage alarm*
%1.0 *FM200 SIG Rm. Group alarm*	FM200 SIG Rm. Group alarm	FM200 SIG Rm. Group alarm_HMI	%1.0 *FM200 SIG Rm. Group alarm*
%1.1 *FM200 CER Rm. Panel PS*	FM200 CER Rm. Panel PS	FM200 CER Rm. Panel PS_HMI	%1.1 *FM200 CER Rm. Panel PS*
%1.2 *FM200 CER Rm. 1st stage alarm*	FM200 CER Rm. 1st stage alarm	FM200 CER Rm. 1st stage alarm_HMI	%1.2 *FM200 CER Rm. 1st stage alarm*
%1.3 *FM200 CER Rm. Group alarm*	FM200 CER Rm. Group alarm	FM200 CER Rm. Group alarm_HMI	%1.3 *FM200 CER Rm. Group alarm*
%1.4 *FM200 ELEC Rm. Panel PS*	FM200 ELEC Rm. Panel PS	FM200 ELEC Rm. Panel PS_HMI	%1.4 *FM200 ELEC Rm. Panel PS*
%1.5 *FM200 ELEC Rm. 1st stage alarm*	FM200 ELEC Rm. 1st stage alarm	FM200 ELEC Rm. 1st stage alarm_HMI	%1.5 *FM200 ELEC Rm. 1st stage alarm*
%1.6 *FM200 ELEC Rm. Group alarm*	FM200 ELEC Rm. Group alarm	FM200 ELEC Rm. Group alarm_HMI	%1.6 *FM200 ELEC Rm. Group alarm*
%1.7 *FM200 GEN Rm. Panel PS*	FM200 GEN Rm. Panel PS	FM200 GEN Rm. Panel PS_HMI	%1.7 *FM200 GEN Rm. Panel PS*
%2.0 *FM200 GEN Rm. 1st stage alarm*	FM200 GEN Rm. 1st stage alarm	FM200 GEN Rm. 1st stage alarm_HMI	%2.0 *FM200 GEN Rm. 1st stage alarm*
%2.1 *FM200 GEN Rm. Group alarm*	FM200 GEN Rm. Group alarm	FM200 GEN Rm. Group alarm_HMI	%2.1 *FM200 GEN Rm. Group alarm*
%2.2 *FM200 PS Rm. Panel PS*	FM200 PS Rm. Panel PS	FM200 PS Rm. Panel PS_HMI	%2.2 *FM200 PS Rm. Panel PS*
%2.3 *FM200 PS Rm. 1st stage alarm*	FM200 PS Rm. 1st stage alarm	FM200 PS Rm. 1st stage alarm_HMI	%2.3 *FM200 PS Rm. 1st stage alarm*
%2.4 *FM200 PS Rm. Group alarm*	FM200 PS Rm. Group alarm	FM200 PS Rm. Group alarm_HMI	%M1.0 *fire* %2.4 *FM200 PS Rm. Group alarm*

รูปที่ 4.58 ภาษาบล็อกของระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย (ต่อ)

4.5.9. ระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง (Pump & Drainage)

ในโปรแกรมนี้ จะมีการแสดงผล 3 ส่วน ได้แก่ การแจ้งเตือนไฟที่ส่งไปเลี้ยงระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง (Pump & Drainage Power) การแจ้งเตือนเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบปั้มน้ำและน้ำทิ้ง (Pump & Drainage Alarm) และ การแจ้งเตือนเกี่ยวกับระดับน้ำภายในแทงก์น้ำ (Water Tank Flooding Alarm) แสดงดังรูปที่ 4.59

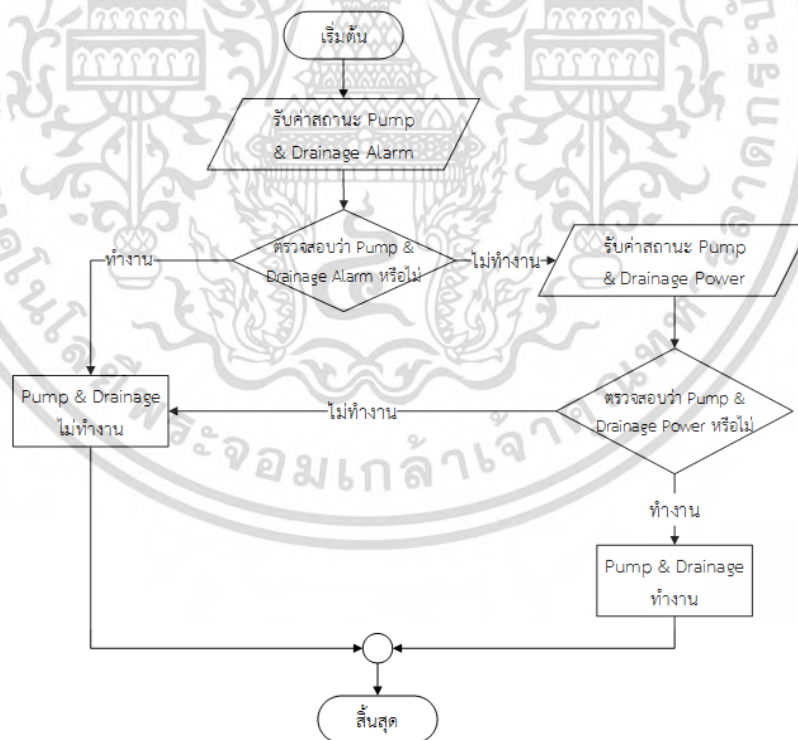
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.59 หน้าแสดงผลการการทำงานของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

1. หลักการทำงานของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

ในโปรแกรมนี้ จะทำรับค่าสถานะของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง (Pump & Drainage) แล้วทำการตรวจสอบว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ (FM200 Group Alarm) หากมีข้อผิดพลาด FM200 จะไม่ทำงาน แต่หากไม่มีข้อผิดพลาด จะสามารถรับค่าจาก Pump & Drainage Power เพื่อตรวจสอบว่า FM200 ทำงานอยู่หรือไม่ แสดงผังงานการทำงานดังรูปที่ 4.60



รูปที่ 4.60 ผังงานการทำงานของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

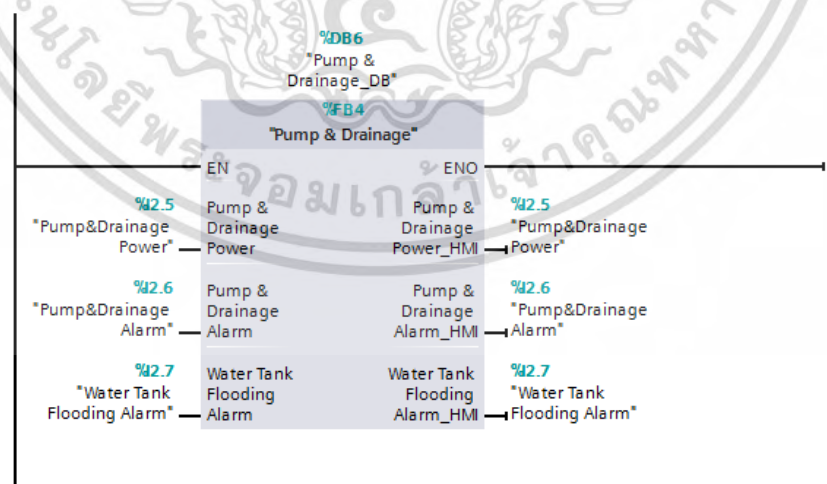
2. การเขียนโปรแกรมระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโปรแกรมของระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้งจะใช้ 2 ภาษา คือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.61 คือ #Pump & Drainage Power เป็นอินพุตการสั่งงานให้ระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้งทำงาน ที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #Pump & Drainage Power_HMI เป็นเอาต์พุตการแสดงผลให้ระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้งทำงาน ผ่านหน้าโปรแกรม #Pump & Drainage Alarm เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์การทำงานผิดปกติของระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้ง ที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #Pump & Drainage Alarm_HMI เป็นเอาต์พุตการแสดงผลการทำงานผิดปกติของระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้งผ่านหน้าโปรแกรม #Water Tank Flooding Alarm เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์ระดับน้ำภายในแท็งก์น้ำเกินระดับที่กำหนดไว้ ที่รับค่าจากสวิทซ์ภายนอก #Water Tank Flooding_HMI เป็นเอาต์พุตการแสดงผลว่าระดับน้ำภายในแท็งก์น้ำเกินระดับที่กำหนดไว้ โดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก ดังรูปที่ 4.62



รูปที่ 4.61 ภาษาแลตเตอร์ของระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

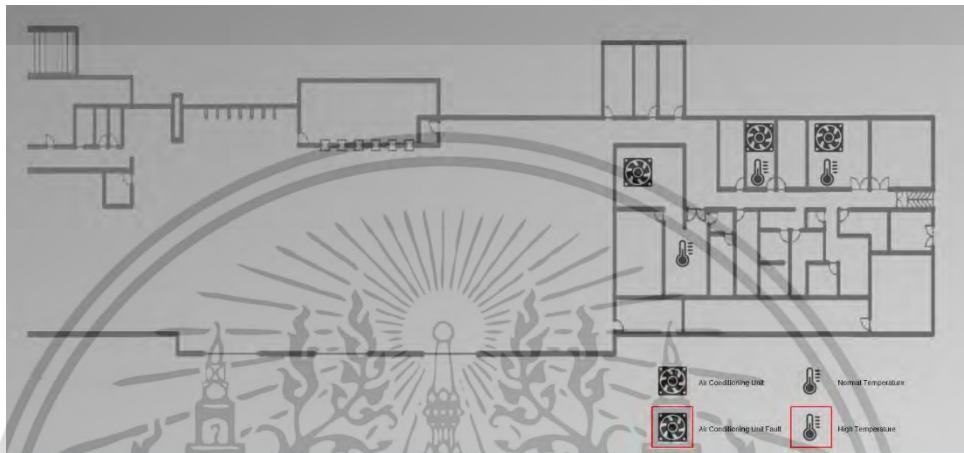


รูปที่ 4.62 ภาษาบล็อกของระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.10. ระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม (Environment Control System)

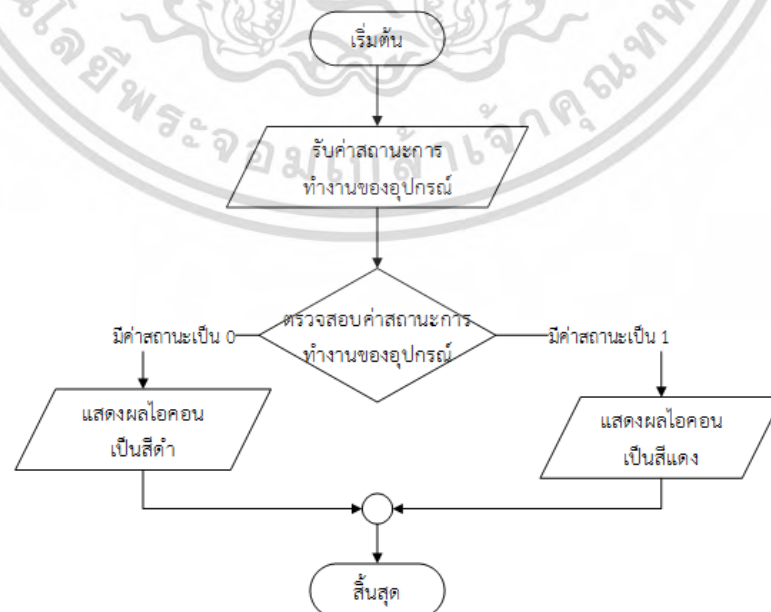
โดยระบบนี้จะแสดงผล 2 อุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioning Unit) และ เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature) โดยจะมีการแสดงผลในห้อง 3 ห้อง ได้แก่ ห้องควบคุม (Control Room) ห้องการสื่อสาร (Communication Room) และห้องส่งสัญญาณ (Signaling Room) ดังรูปที่ 4.63



รูปที่ 4.63 ส่วนแสดงผลของระบบควบคุมสภาพแวดล้อม

1. หลักการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อม

ในส่วนของระบบควบคุมสภาพแวดล้อม โปรแกรมจะทำการรับค่าจากเครื่องปรับอากาศและเครื่องวัดอุณหภูมิ ซึ่งหากอุปกรณ์ใดทำงานปกติ จะแสดงผลเป็นไอคอนสีดำ แต่ถ้าหากอุปกรณ์ใดมีความผิดปกติหรือชำรุด จะแสดงผลเป็นไอคอนสีแดง และมีผังงานการทำงานดังรูปที่ 4.64



รูปที่ 4.64 ผังงานการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อม

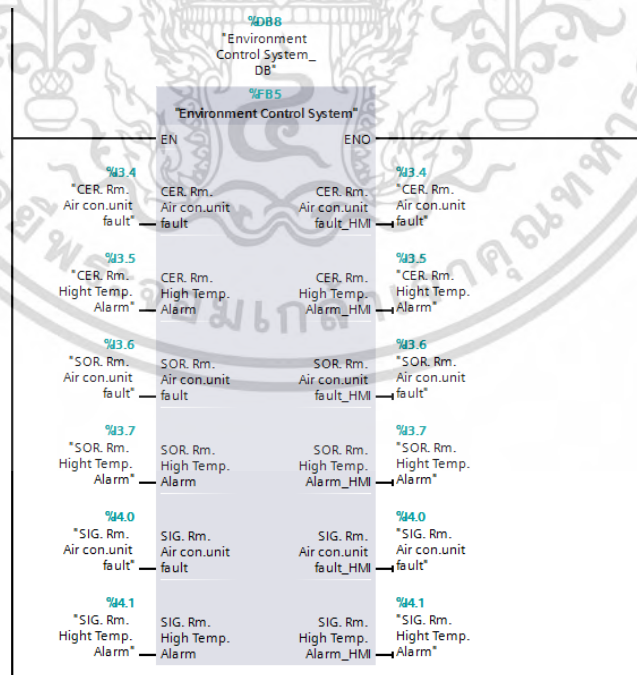
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเขียนโปรแกรมระบบควบคุมสภาพแวดล้อม

การเขียนโปรแกรมของระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำทิ้งจะใช้ 2 ภาษา คือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.65 คือ #CER Rm. Air con.unit fault เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์เมื่อเครื่องปรับอากาศภายในห้องการสื่อสารชำรุด โดยรับค่าจากสวิทช์ภายนอก #CER Rm. Air con.unit fault_HMI เป็นเอาต์พุตการแสดงผลการจำลองเหตุการณ์เมื่อเครื่องปรับอากาศภายในห้องการสื่อสารชำรุด ผ่านหน้าโปรแกรม #CER Rm. High Temp. Alarm เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์เมื่อภายในห้องการสื่อสารมีอุณหภูมิที่สูงเกินกำหนด โดยรับค่าจากสวิทช์ภายนอก #CER Rm. High Temp. Alarm_HMI เป็นเอาต์พุตการแสดงผลการจำลองเหตุการณ์เมื่อภายในห้องการสื่อสารมีอุณหภูมิที่สูงเกินกำหนด ผ่านหน้าโปรแกรมโดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก ดังรูปที่ 4.66



รูปที่ 4.65 ตัวอย่างภาษาแลตเตอร์ของเครื่องปรับอากาศและเครื่องวัดอุณหภูมิในห้อง 1 ห้อง

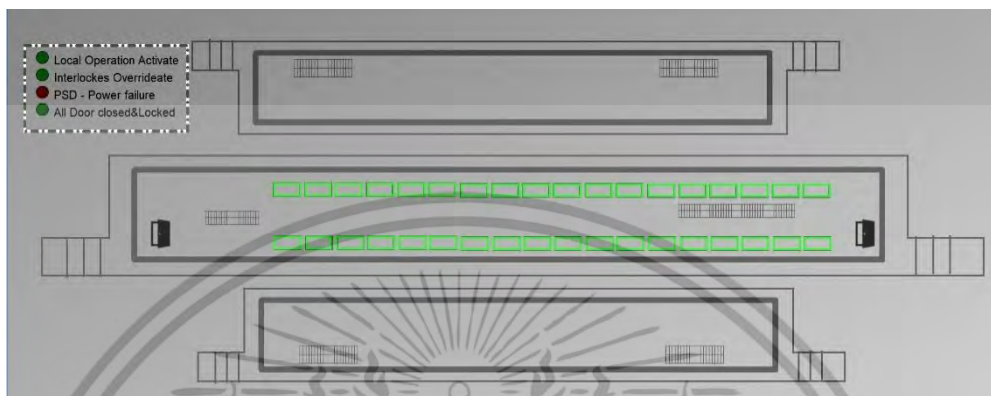


รูปที่ 4.66 ภาษาบล็อกของระบบควบคุมสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.11. ระบบประตูกั้นชานชาลา (Platform Screen Doors System)

โดยจะแบ่งประตูกั้นชานชาลาออกเป็น 2 ฝั่ง คือ ฝั่งที่รางไปทางทิศตะวันตก (Westbound Line) และฝั่งที่รางไปทางทิศตะวันออก (Eastbound Line) ซึ่งในแต่ละฝั่งจะมีประตูชานชาลาฉุกเฉิน (Emergency Walkway Door, EWD) แสดงดังรูปที่ 4.67



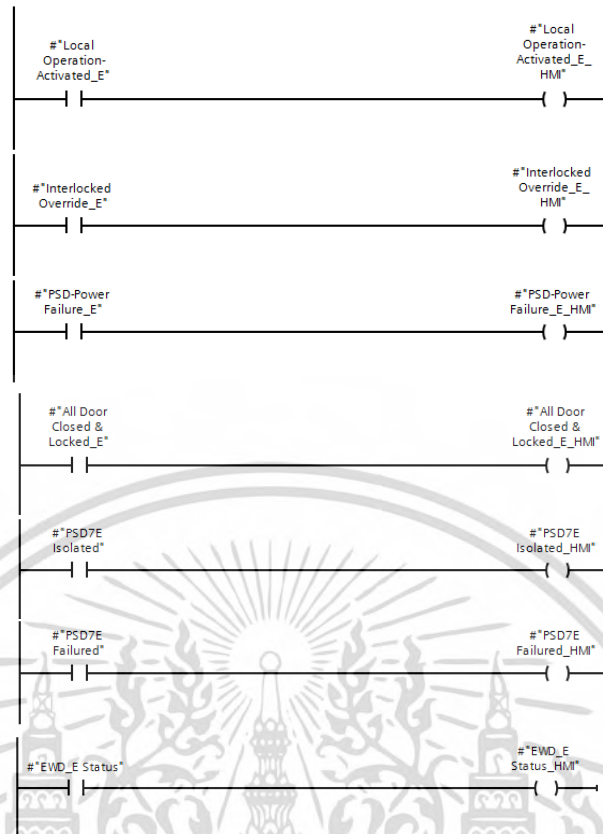
รูปที่ 4.67 ส่วนแสดงผลของระบบประตูกั้นชานชาลา

1. หลักการทำงานของระบบประตูกั้นชานชาลา

ในส่วนของระบบประตูกั้นชานชาลา โปรแกรมจะสามารถรับค่าจากสวิตช์ภายนอก โดยจะแสดงสถานะดังต่อไปนี้ การจำลองเหตุการณ์เมื่อเจ้าหน้าที่ควบคุมประตูกั้นชานชาลาด้วยตนเองที่ตู้ควบคุม (Local Operation - Activated) การจำลองเหตุการณ์การควบคุมระหว่างระบบประตูกั้นชานชาลาและสัญญาณจากรางรถไฟ (Interlocked Override) การจำลองเหตุการณ์เมื่อแหล่งจ่ายไฟให้ประตูกั้นชานชาลาทำงานผิดปกติ (PSD – Power Failure) ประตูกั้นชานชาลาทุกบานปิดและล็อกสนิท (All Door Closed & Locked) การจำลองเหตุการณ์การตัดไฟที่ประตูกั้นชานชาลา (PSD Isolated) การจำลองเหตุการณ์การชำรุดของประตูกั้นชานชาลา (PSD Failure) และการเปิดปิดของประตูชานชาลาฉุกเฉิน (EWD Status)

2. การเขียนโปรแกรมระบบประตูกั้นชานชาลา

การเขียนโปรแกรมของระบบประตูกั้นชานชาลาจะใช้ 2 ภาษา คือ ภาษาแลตเตอร์และภาษาบล็อก ซึ่งในระบบนี้ จะมีการเขียนภาษาแลตเตอร์ดังรูปที่ 4.68 คือ #Local Operation – Activated_E เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์เมื่อเจ้าหน้าที่ควบคุมประตูกั้นชานชาลาด้วยตนเองที่ตู้ควบคุม โดยรับค่าจากสวิตช์ภายนอก # Local Operation – Activated_E _HMI เป็นเอาต์พุตการแสดงผลการจำลองเหตุการณ์เมื่อเจ้าหน้าที่ควบคุมประตูกั้นชานชาลาด้วยตนเองที่ตู้ควบคุม #Interlocked Override_E เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์การควบคุมระหว่างระบบประตูกั้นชานชาลาและสัญญาณจากรางรถไฟ



รูปที่ 4.68 ตัวอย่างภาษาของระบบประตูกั้นชานชาลา

#Interlocked Override_E_HMI เป็นเอาต์พุตการจำลองเหตุการณ์การควบคุมระหว่างระบบประตูกั้นชานชาลาและสัญญาณจากรางรถไฟ #PSD-Power Failure_E เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์เมื่อแหล่งจ่ายไฟให้ประตูกั้นชานชาลาทำงานผิดปกติ #PSD-Power Failure_E_HMI เป็นเอาต์พุตการจำลองเหตุการณ์เมื่อแหล่งจ่ายไฟให้ประตูกั้นชานชาลาทำงานผิดปกติ #All Door Closed & Locked_E เป็นอินพุตแสดงสถานะว่าประตูกั้นชานชาลาทุกบานปิดและล็อกสนิท #All Door Closed & Locked_E_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงสถานะว่าประตูกั้นชานชาลาทุกบานปิดและล็อกสนิท #PSD7E Isolated เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์การตัดไฟที่ประตูกั้นชานชาลา #PSD7E Isolated_HMI เป็นเอาต์พุตการจำลองเหตุการณ์การตัดไฟที่ประตูกั้นชานชาลา #PSD7E Failure เป็นอินพุตการจำลองเหตุการณ์การชำรุดของประตูกั้นชานชาลา #PSD7E Failure_HMI เป็นเอาต์พุตการจำลองเหตุการณ์การชำรุดของประตูกั้นชาน #EWD_E Status เป็นอินพุตแสดงสถานะการเปิดปิดของประตูชานชาลาฉุกเฉิน #EWD_E Status_HMI เป็นเอาต์พุตแสดงสถานะการเปิดปิดของประตูชานชาลาฉุกเฉิน โดยได้ทำการแปลงภาษาแลตเตอร์ให้เป็นภาษาบล็อก ดังรูปที่ 4.69

		%DB12 "PSD_E_DB"	
		%FB7 "PSD_E"	
		EN	ENO
%I11.0 "Local Operation - Activated_E"	Local Operation-Activated_E	Local Operation-Activated_E_HMI	%I11.0 "Local Operation - Activated_E"
%I11.1 "Interlocked Override_E"	Interlocked Override_E	Interlocked Override_E_HMI	%I11.1 "Interlocked Override_E"
%I11.2 "PSD-Power failure_E"	PSD-Power Failure_E	PSD-Power Failure_E_HMI	%I11.2 "PSD-Power failure_E"
%I11.3 "All Door Closed & Locked_E"	All Door Closed & Locked_E	All Door Closed & Locked_E_HMI	%I11.3 "All Door closed & Locked_E"
%I11.4 "PSD7E Isolated"	PSD7E Isolated	PSD7E Isolated_HMI	%I11.4 "PSD7E Isolated"
%I11.5 "PSD7E Failed"	PSD7E Failed	PSD7E Failed_HMI	%I11.5 "PSD7E Failed"
%I11.6 "PSD8E Isolated"	PSD8E Isolated	PSD8E Isolated_HMI	%I11.6 "PSD8E Isolated"
%I11.7 "PSD8E Failed"	PSD8E Failed	PSD8E Failed_HMI	%I11.7 "PSD8E Failed"
%I12.0 "PSD9E Isolated"	PSD9E Isolated	PSD9E Isolated_HMI	%I12.0 "PSD9E Isolated"
%I12.1 "PSD9E Failed"	PSD9E Failed	PSD9E Failed_HMI	%I12.1 "PSD9E Failed"
%I12.2 "PSD10E Isolated"	PSD10E Isolated	PSD10E Isolated_HMI	%I12.2 "PSD10E Isolated"
%I12.3 "PSD10E Failed"	PSD10E Failed	PSD10E Failed_HMI	%I12.3 "PSD10E Failed"
%I12.4 "PSD11E Isolated"	PSD11E Isolated	PSD11E Isolated_HMI	%I12.4 "PSD11E Isolated"
%I12.5 "PSD11E Failed"	PSD11E Failed	PSD11E Failed_HMI	%I12.5 "PSD11E Failed"
%I12.6 "PSD12E Isolated"	PSD12E Isolated	PSD12E Isolated_HMI	%I12.6 "PSD12E Isolated"
%I12.7 "PSD12E Failed"	PSD12E Failed	PSD12E Failed_HMI	%I12.7 "PSD12E Failed"
%I13.0 "PSD13E Isolated"	PSD13E Isolated	PSD13E Isolated_HMI	%I13.0 "PSD13E Isolated"
%I13.1 "PSD13E Failed"	PSD13E Failed	PSD13E Failed_HMI	%I13.1 "PSD13E Failed"
%I13.2 "PSD14E Isolated"	PSD14E Isolated	PSD14E Isolated_HMI	%I13.2 "PSD14E Isolated"
%I13.3 "PSD14E Failed"	PSD14E Failed	PSD14E Failed_HMI	%I13.3 "PSD14E Failed"
%I13.4 "PSD15E Isolated"	PSD15E Isolated	PSD15E Isolated_HMI	%I13.4 "PSD15E Isolated"
%I13.5 "PSD15E Failed"	PSD15E Failed	PSD15E Failed_HMI	%I13.5 "PSD15E Failed"
%I13.6 "PSD16E Isolated"	PSD16E Isolated	PSD16E Isolated_HMI	%I13.6 "PSD16E Isolated"
%I13.7 "PSD16E Failed"	PSD16E Failed	PSD16E Failed_HMI	%I13.7 "PSD16E Failed"
%I14.0 "PSD17E Isolated"	PSD17E Isolated	PSD17E Isolated_HMI	%I14.0 "PSD17E Isolated"
%I14.1 "PSD17E Failed"	PSD17E Failed	PSD17E Failed_HMI	%I14.1 "PSD17E Failed"
%I14.2 "PSD18E Isolated"	PSD18E Isolated	PSD18E Isolated_HMI	%I14.2 "PSD18E Isolated"
%I14.3 "PSD18E Failed"	PSD18E Failed	PSD18E Failed_HMI	%I14.3 "PSD18E Failed"
%I14.4 "EWD_E Status"	EWD_E Status	EWD_E Status_HMI	%I14.4 "EWD_E Status"

รูปที่ 4.69 ตัวอย่างภาษาป्ल็อกของประตูกันชนชลาฝั่งตะวันออก

4.6. การออกแบบโปรแกรมการเก็บประวัติการแจ้งเตือนการทำงาน (Alarm-Logbook)

ในการออกแบบโปรแกรมการเก็บประวัติการทำงานนั้น เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมที่จะแสดงและบันทึกเหตุการณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นโดยจะแสดงวัน (Date) เวลา (Time) ผู้ใช้งาน (User) ชื่ออุปกรณ์ (Equipment Name) และค่าการทำงานของอุปกรณ์ (Equipment Value)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีทีอี จำกัด และสงวนลิขสิทธิ์ในเอกสารนี้ ไม่สามารถนำออกจากรายงานนี้ได้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัทฯ หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต บริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ในเอกสารนี้ และขอสงวนสิทธิ์ในเอกสารนี้

ในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

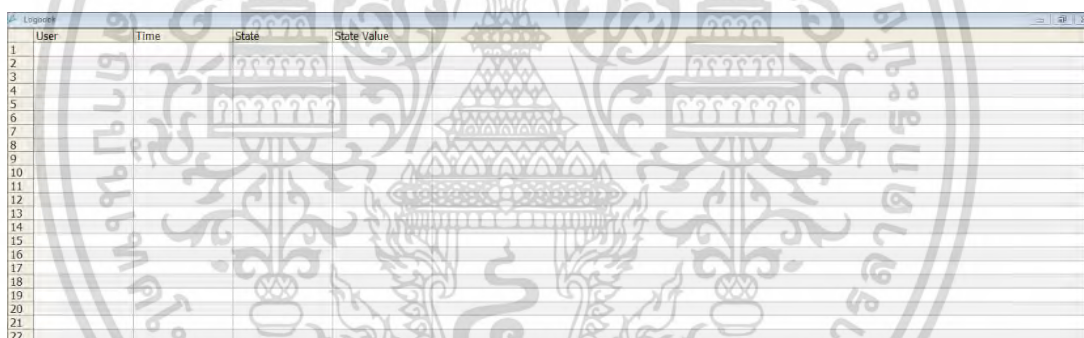
1. Alarm log เป็นการบันทึกการแจ้งเตือนจากระบบย่อยต่างๆ เช่น การแจ้งเตือนจากระบบประตูกันขานชาลา (Platform Screen Door, PSD) การแจ้งเตือนจากระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย (Fire Protection & Detection System) เป็นต้น ดังรูปที่ 4.70



	Date	Time	Alarm text
1			
2			
3			
4			
5			
6			

รูปที่ 4.70 ตารางบันทึกการแจ้งเตือนจากระบบย่อยต่างๆ

2. Event log เป็นการบันทึกเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของระบบ รวมถึงการส่งค่าคำสั่งเอาต์พุต (Output) และรับค่าคำสั่งอินพุต (Input) จากอุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานะการแจ้งเตือน (Alarm) เช่น การลงชื่อเข้าใช้งานของผู้ใช้งาน (Login) การแสดงการทำงานของแสงสว่าง เป็นต้น ดังรูปที่ 4.71

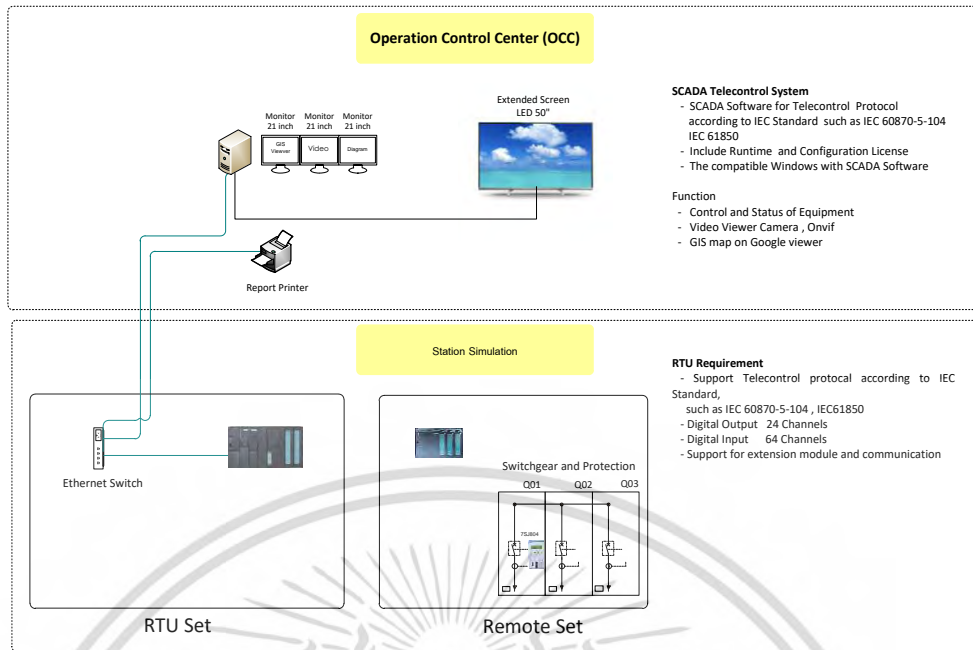


	User	Time	State	State Value
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

รูปที่ 4.71 ตารางบันทึกเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

4.7. การออกแบบห้องปฏิบัติการ

การจัดตั้งห้องปฏิบัติการระบบการจัดการสถานีรถไฟสำหรับการอบรม การเรียนการสอน และการวิจัย ณ ศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการรถไฟแห่งประเทศไทย เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องใช้พื้นที่ห้องขนาดไม่ต่ำกว่า 30 ตารางเมตร แสดงดังรูปที่ 4.72



รูปที่ 4.72 แผนผังการเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์ภายในห้องปฏิบัติการวิจัย

จากรูปที่ 4.72 ในส่วนของชุดควบคุมและแสดงผลอุปกรณ์และระบบต่างๆภายในสถานีได้แสดงแผนผังของสถานีตัวอย่างในส่วนของชั้นต่างๆ ซึ่งแสดงถึงส่วนของอุปกรณ์ที่อยู่ในชั้นของสถานีนั้นๆ โดยแผนผังตัวอย่างของสถานีตัวอย่างเพื่อจัดทำเลย์เอาท์ (Layout Design)

โดยการติดตั้งระบบคอมพิวเตอร์ จอภาพมอนิเตอร์ 3 จอ ระบบไฟฟ้า และระบบเครือข่ายเพื่อรองรับการจำลองระบบคอมพิวเตอร์ภายในสถานีรถไฟ และศูนย์ควบคุมกลาง (Central Control Room) ชุดอุปกรณ์ RTU (Remote Terminal Unit) และชุดแสดงผลอุปกรณ์ภายในสถานีรถไฟ โดยแผนผังตัวอย่างของสถานีบางบำหรุเพื่อจัดทำเลย์เอาท์ (Layout Design) แสดงในรูปที่ 4.73



รูปที่ 4.73 ภาพถ่ายสถานีบางบำหรุ ที่ใช้เป็นต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดสอบ

5.1. บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการทดลองแบ่งเป็นสองส่วนด้วยกัน นั่นคือส่วนแรกแสดงผลการศึกษาสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือด้วยบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ และส่วนที่สองคือผลของการทดสอบในส่วนของโปรแกรม การใช้งานโปรแกรม โดยจะแบ่งผลการทดลองเป็น 10 หัวข้อได้แก่ หน้าหลักของโปรแกรม (Home Page) หน้าการเก็บประวัติการทำงานทั้งหมด (Logbook) ระบบควบคุมการจ่ายไฟ (Power Supply) ระบบแสงสว่าง (Lighting System) ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System) ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน (Lift & Escalator System) ระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย (Fire Protection & Detection System) ระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง (Pump & Drainage) ระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม (Environment Control System) และระบบประตูกันชานชาลา (Platform Screen Doors System)

5.2. การทดสอบในส่วนของโปรแกรม

ในส่วนของโปรแกรมจะมีหน้าต่าง ทำหน้าที่เป็นหน้าจอหลักของโปรแกรมที่สามารถใช้งานหน้าต่าง (Window) ต่างๆ ของโปรแกรมได้ทุกระบบและในหน้านี้จะประกอบไปด้วยหน้าต่างย่อย ที่หน้าจอหลักของโปรแกรมจะเห็นปุ่มการใช้งานต่าง ๆ เพื่อไปยังหน้าต่างย่อยของแต่ละระบบ และมีการแสดงวันและเวลา อีกทั้งมีส่วนที่เก็บประวัติข้อมูลการแจ้งเตือนทั้งหมด (Alarm) และยังมีปุ่มสำหรับเปิดหน้าจอที่สอง หน้าจอที่สาม และหน้าจอที่สี่ ในกรณีที่มีหน้าจอที่ต้องมอนิเตอร์หลายหน้าจอ และจะใช้งานเมนูปุ่มระบบต่าง ๆ นี้ได้ โดยปกติจะให้ทำการล็อกอินก่อน โดยเมื่อกดปุ่ม LOGIN จะปรากฏหน้าต่างให้ใส่รหัสผู้ใช้งาน และพาสเวิร์ดแสดงดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 หน้าหลักของโปรแกรม และแสดงหน้าเมื่อต้องการล็อกอิน

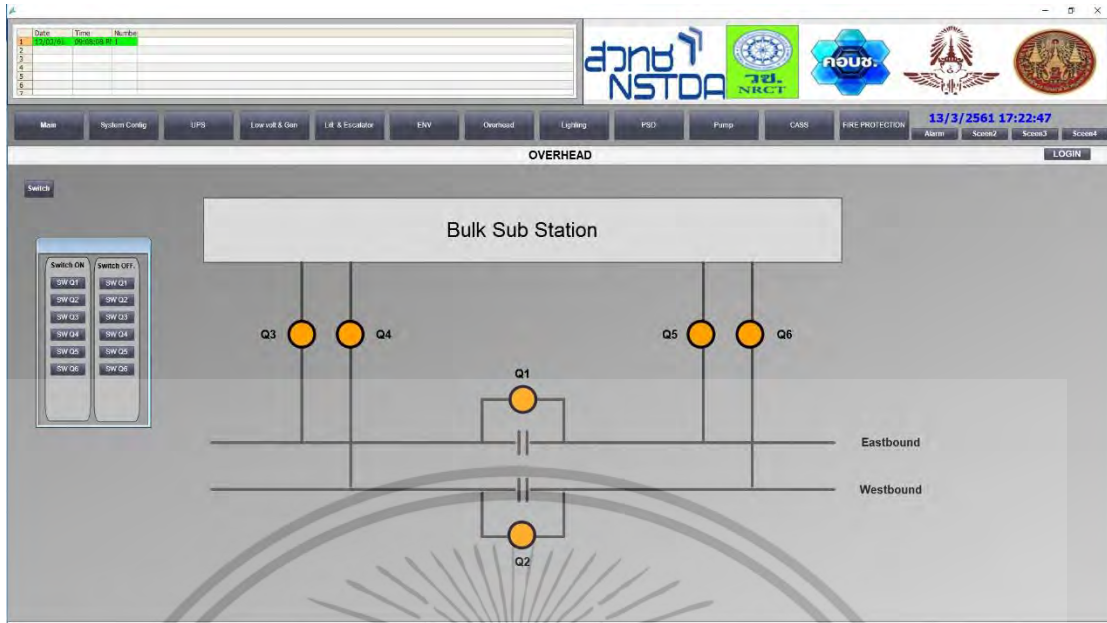
5.2.1. การทดสอบระบบควบคุมการจ่ายไฟ (Power Supply)

ระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ ระบบรถไฟฟ้านั้น โดยทั่วไปจะมีด้วยกันสองแบบคือ ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับตัวรถไฟ หรือ Traction Substation (TSS) และระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสถานี หรือ Station Substation (SSS) โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1.1. ระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รถไฟแบบสายไฟเหนือหัว (Overhead Catenary)

การจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับรถไฟ จะใช้หลักการของการจ่ายไฟเหนือหัว (Overhead Catenary) เป็นระบบการจ่ายไฟที่ใช้กับรถไฟทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ซึ่งจะประกอบด้วยสายลวดตัวนำเปลือย แขนงไว้กับลูกถ้วยฉนวนซึ่งยึดตรึงที่เสากระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขาจับกระแสไฟฟ้าเหนือหัวที่เรียกว่า สาสี่ (Pantograph) เข้าสู่ระบบขับเคลื่อนขบวนรถ เพื่อให้ครบวงจรไฟฟ้า โดยหน้าที่ต่างของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟจะแสดงดังรูปที่ 5.2 และรายละเอียดการทำงาน of ระบบควบคุมการจ่ายไฟ จะแสดงดัง I/O List ดังตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 หน้าต่างของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ

ตารางที่ 5.1 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับตัวรถไฟ

No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Power Supply System- Overhead Catenary System				
1	OCS Switch Q1	Switching State	OFF	DO	Q0.1
2	OCS Switch Q1	Switching State	ON	DO	Q0.0
3	OCS Switch Q1	Switching State	OFF	DI	I0.1
4	OCS Switch Q1	Switching State	ON	DI	I0.0
5	OCS Switch Q2	Switching State	OFF	DO	Q0.3
6	OCS Switch Q2	Switching State	ON	DO	Q0.2
7	OCS Switch Q2	Switching State	OFF	DI	I0.3
8	OCS Switch Q2	Switching State	ON	DI	I0.2
9	OCS Switch Q3	Switching State	OFF	DO	Q0.5
10	OCS Switch Q3	Switching State	ON	DO	Q0.4
11	OCS Switch Q3	Switching State	OFF	DI	I0.5
12	OCS Switch Q3	Switching State	ON	DI	I0.4
13	OCS Switch Q4	Switching State	OFF	DO	Q0.7
14	OCS Switch Q4	Switching State	ON	DO	Q0.6
15	OCS Switch Q4	Switching State	OFF	DI	I0.7
16	OCS Switch Q4	Switching State	ON	DI	I0.6
17	OCS Switch Q5	Switching State	OFF	DO	Q1.1
18	OCS Switch Q5	Switching State	ON	DO	Q1.0
19	OCS Switch Q5	Switching State	OFF	DI	I1.1
20	OCS Switch Q5	Switching State	ON	DI	I1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21	OCS Switch Q6	Switching State	OFF	DO	Q1.3
22	OCS Switch Q6	Switching State	ON	DO	Q1.2
23	OCS Switch Q6	Switching State	OFF	DI	I1.3
24	OCS Switch Q6	Switching State	ON	DI	I1.2

5.2.1.2. การใช้งานระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ

จากรูปที่ 5.2 แสดงวงจรการจ่ายไฟให้กับรางรถไฟ 2 ราง ได้แก่ รางที่ไปทางทิศตะวันตก (Westbound Line) และรางที่ไปทางทิศตะวันออก (Eastbound Line) โดยในเริ่มต้นสวิตช์ที่วงจรทั้งหมดจะมีสวิตช์ที่มีสถานะเป็นสีส้ม คือ ยังไม่มีการใช้งานปิดหรือเปิดสวิตช์ และในวงจรจะมีสวิตช์ต่าง ๆ คือ

1. สวิตช์จ่ายไฟ (Switch) มีไว้ในกรณีตัวจ่ายไฟเหนือหัว (Overhead Contact System) ในแต่ละฝั่งของรางรถไฟเกิดการชำรุดโดยโปรแกรมสามารถสั่งงานสวิตช์ให้เป็นวงจรปิด (Close Circuit) ได้ จะทำให้ตัวจ่ายไฟเหนือหัวอีกฝั่งของรางรถไฟสามารถจ่ายไฟฉุกเฉินได้ทันที

- OCS Q1 (Overhead Contact System no.1) จะแบ่งฝั่งวงจรการจ่ายไฟของรางรถไฟ Eastbound Line (อยู่ระหว่าง OCS Q3 และ OCS Q5)

- OCS Q2 (Overhead Contact System no.2) แบ่งฝั่งวงจรการจ่ายไฟของรางรถไฟ Westbound Line (อยู่ระหว่าง OCS Q4 และ OCS Q6)

2. วงจรตัวจ่ายไฟเหนือหัว 4 วงจร ได้แก่

- OCS Q3 (Overhead Contact System no.3) คือ วงจรจ่ายไฟเหนือหัวตัวที่ 3

- OCS Q4 (Overhead Contact System no.4) คือ วงจรจ่ายไฟเหนือหัวตัวที่ 4

- OCS Q5 (Overhead Contact System no.5) คือ วงจรจ่ายไฟเหนือหัวตัวที่ 5

- OCS Q6 (Overhead Contact System no.6) คือ วงจรจ่ายไฟเหนือหัวตัวที่ 6

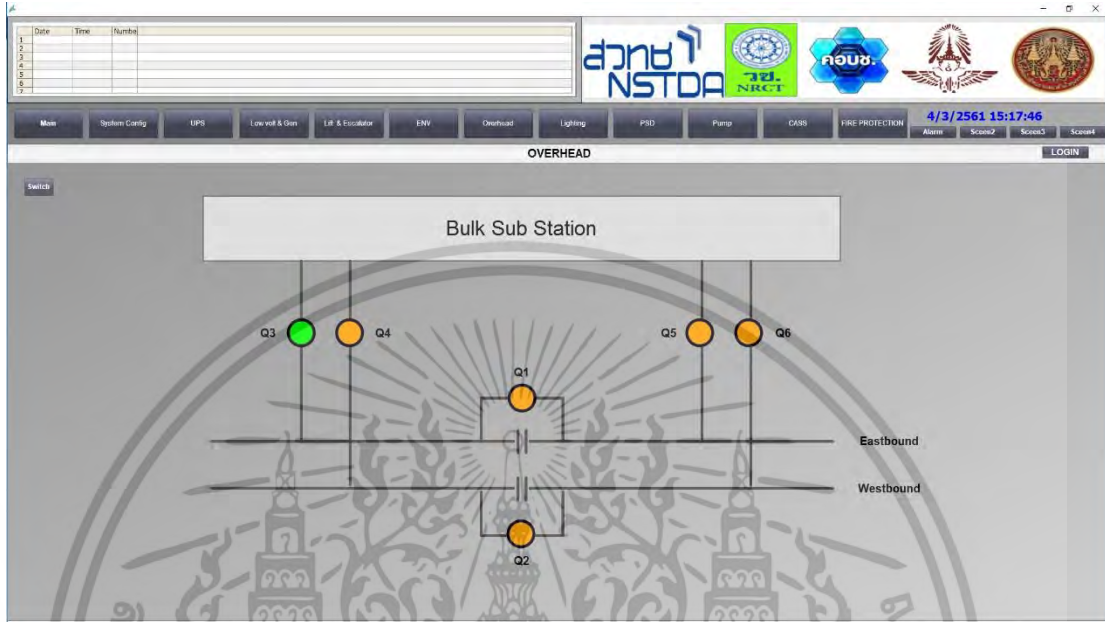
โดยแสดงลำดับการจ่ายไฟของระบบควบคุมการจ่ายไฟเหนือหัว คือสถานีไฟฟ้าย่อย (Bulk Substation) จะทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับวงจรตัวจ่ายไฟเหนือหัวทั้ง 4 วงจร และหากในแต่ละฝั่งของรางรถไฟเกิดเหตุฉุกเฉิน โปรแกรมสามารถสั่งงานสวิตช์ให้เป็นวงจรปิด (Close Circuit) ได้

5.2.1.3. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมหน้าระบบควบคุมการจ่ายไฟให้รางรถไฟ

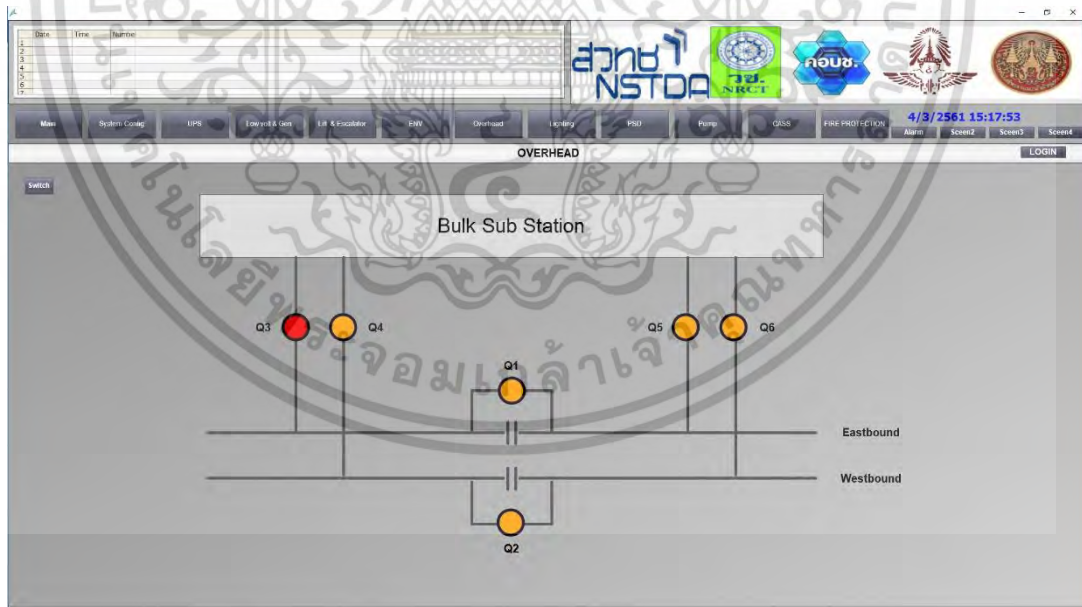
- กรณีสั่งจ่ายไฟ หรือเปิดสวิตช์ Q3 จะสามารถสั่งการได้โดยกดปุ่ม SWITCH แล้วเลือก Q3 ON จะเป็นการสั่งการจ่ายไฟ หรือเปิดสวิตช์ Q3 ให้กับรางรถไฟ Eastbound Line รางเดียวนั้นคือการทำงานของ DO แต่โดยปกติแล้ว เมื่อเราสั่งการเปิดสวิตช์ไปนั้นเราจะไม่ทราบว่าคำสั่งนั้นจะไปถึงอุปกรณ์สวิตช์หรือไม่ จึงต้องมี Feedback การทำงานกลับมา

ที่ระบบโดยผ่านพอร์ต DI โดยในที่นี้จะเป็นการนำไฟ 24 VDC มาเชื่อมต่อกับพอร์ต DI ตามเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แท็กที่กำหนดไว้ใน I/O List โดยในกรณีนี้จะ เชื่อมต่อกับแท็ก IO.4 จะเป็นการสั่งเปิดสวิตช์ จะเห็นได้ว่าสวิตช์ Q3 จะเป็นสีเขียว และสั่งปิดไฟ โดยการนำไฟ 24 VDC เชื่อมต่อกับแท็ก IO.5 จะเป็นการปิดสวิตช์ Q3 โดยจะแสดงดังรูปที่ 5.3 และรูปที่ 5.4



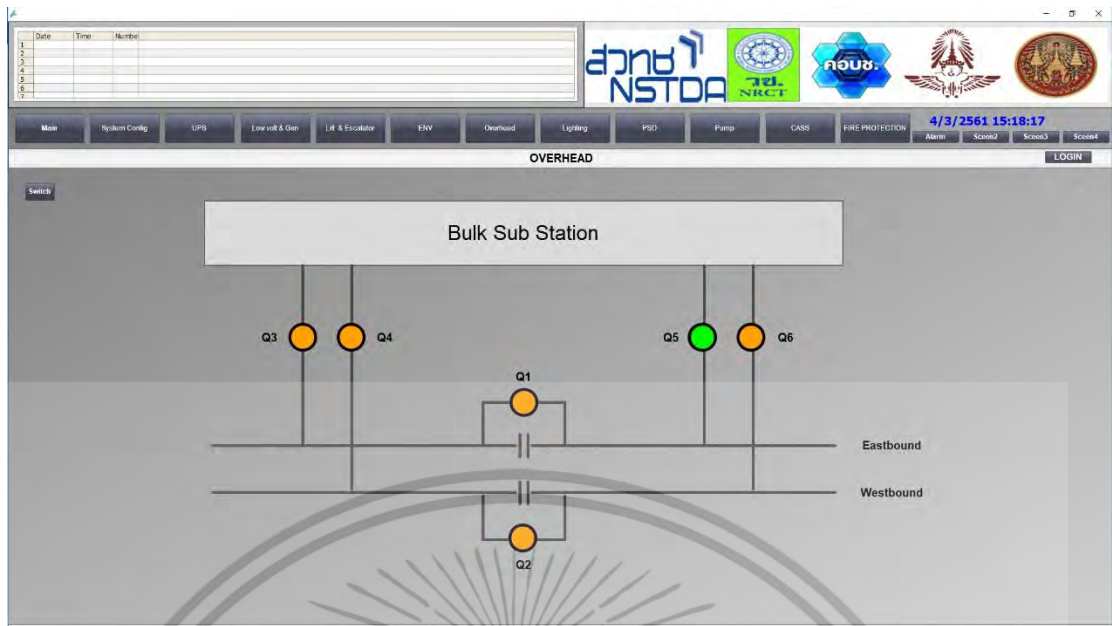
รูปที่ 5.3 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q3



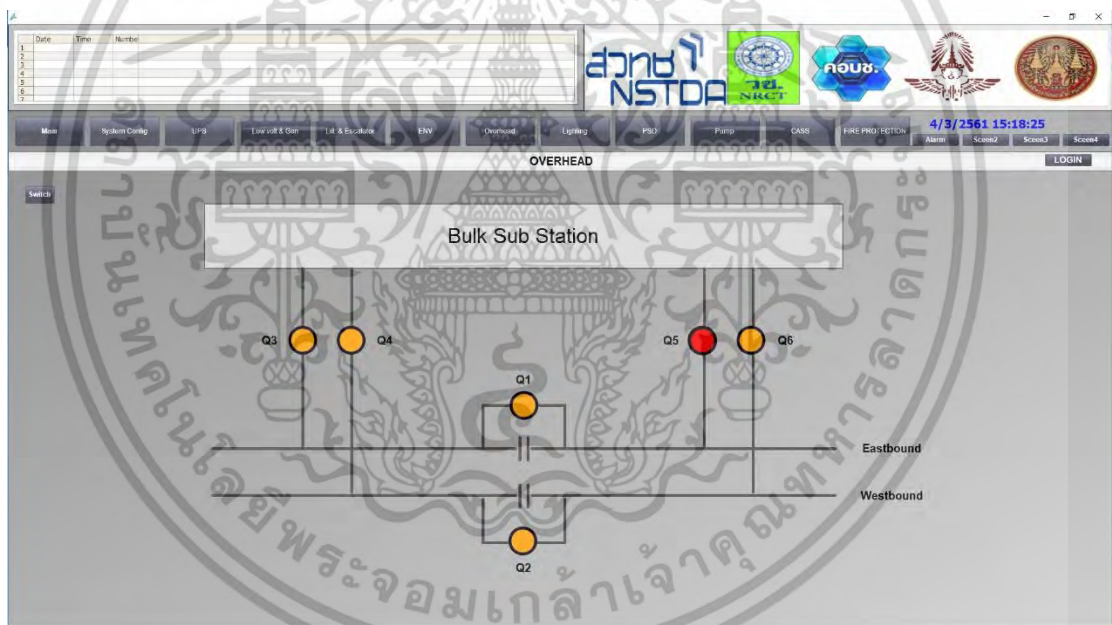
รูปที่ 5.4 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q3

- กรณีสั่งจ่ายไฟ หรือเปิดสวิตช์ Q5 ให้กับรางรถไฟ Eastbound Line รางเดียว และสั่งปิดไฟ หรือปิดสวิตช์ Q5 แสดงดังรูปที่ 5.5 และรูปที่ 5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



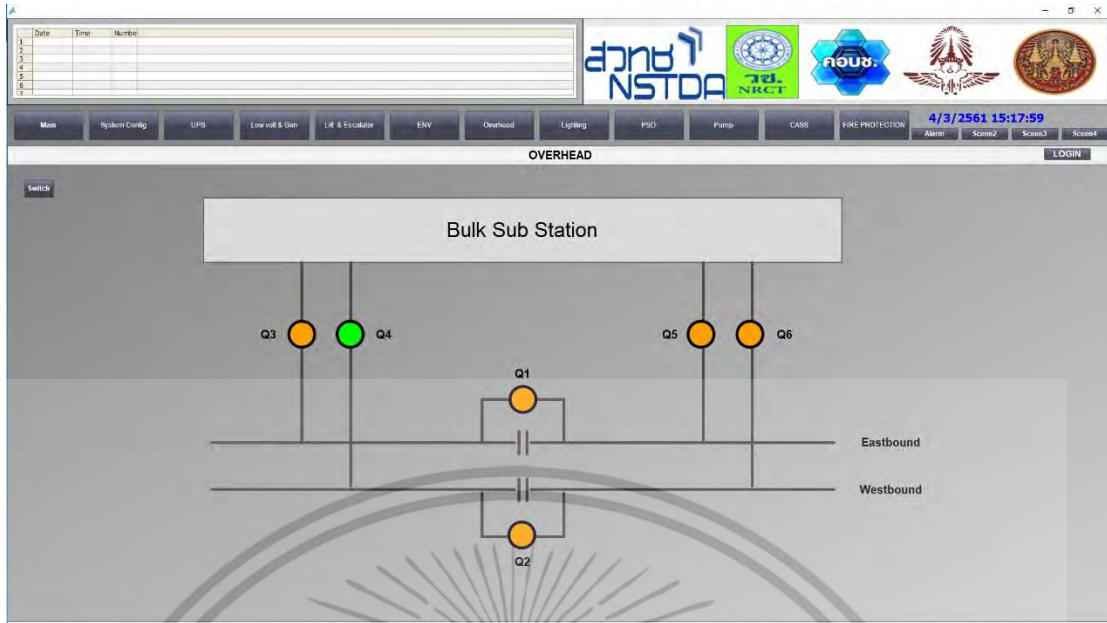
รูปที่ 5.5 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q5



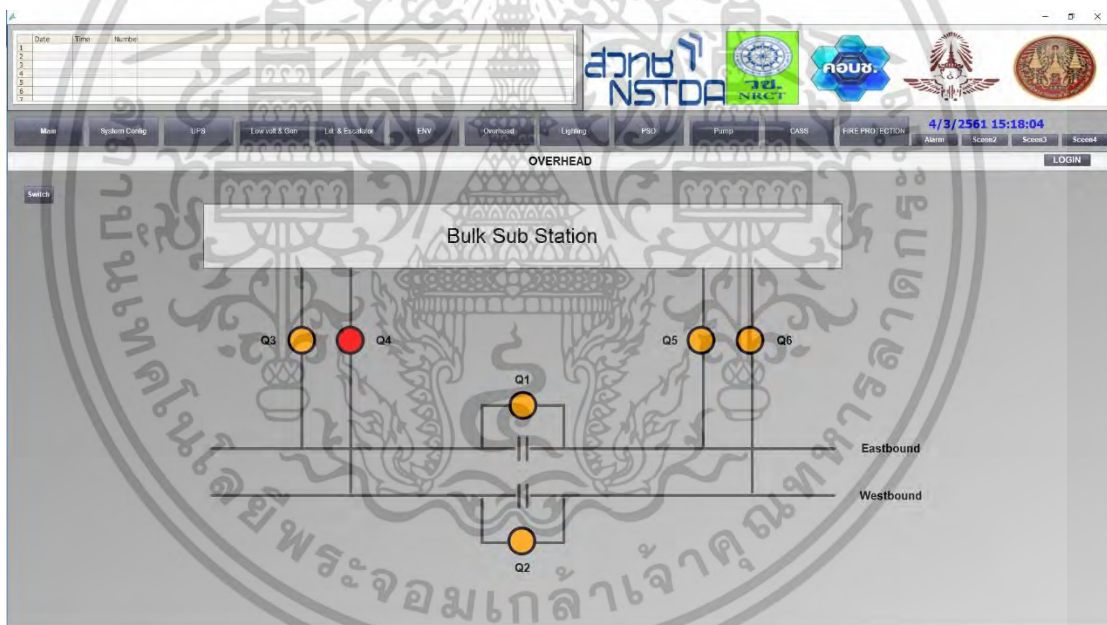
รูปที่ 5.6 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q5

- กรณีส่งจ่ายไฟ หรือเปิดสวิตช์ Q4 ให้กับรางรถไฟ Westbound Line รางเดียว และสั่งปิดไฟ หรือปิดสวิตช์ Q4 แสดงดังรูปที่ 5.7 และ รูปที่ 5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



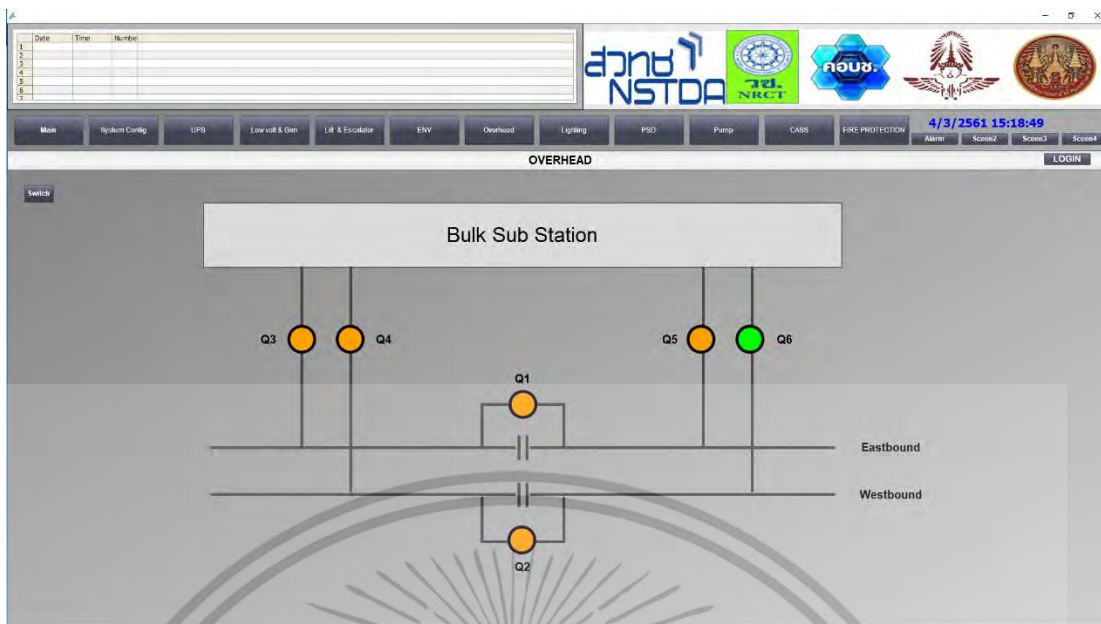
รูปที่ 5.7 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q4



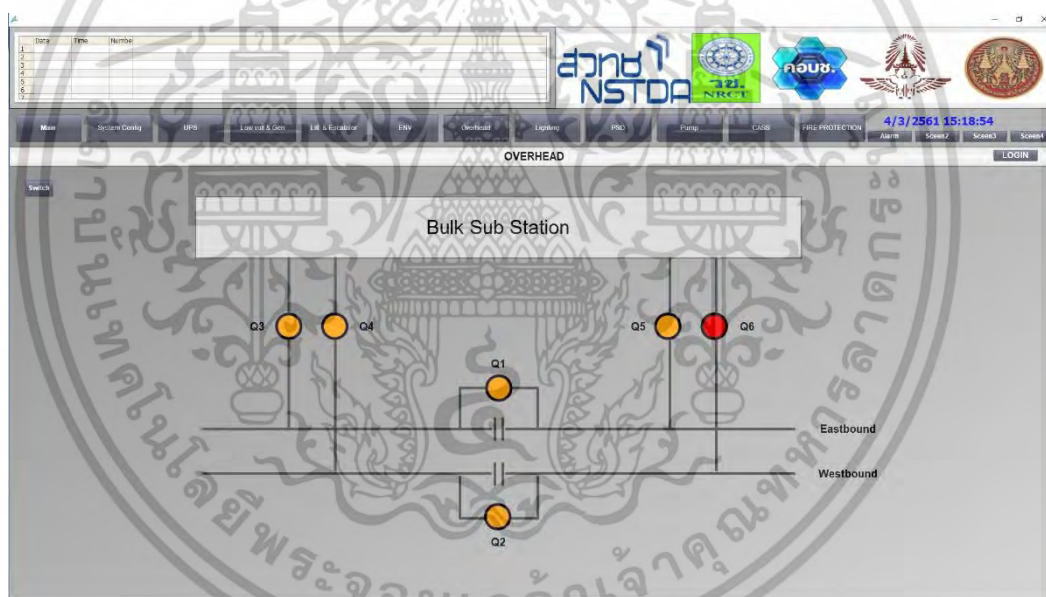
รูปที่ 5.8 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q4

- กรณีส่งจ่ายไฟ หรือเปิดสวิตช์ Q6 ให้กับขบวนรถไฟ Westbound Line รางเดียว และสั่งปิดไฟ หรือปิดสวิตช์ Q6 แสดงดังรูปที่ 5.9 และ รูปที่ 5.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q6



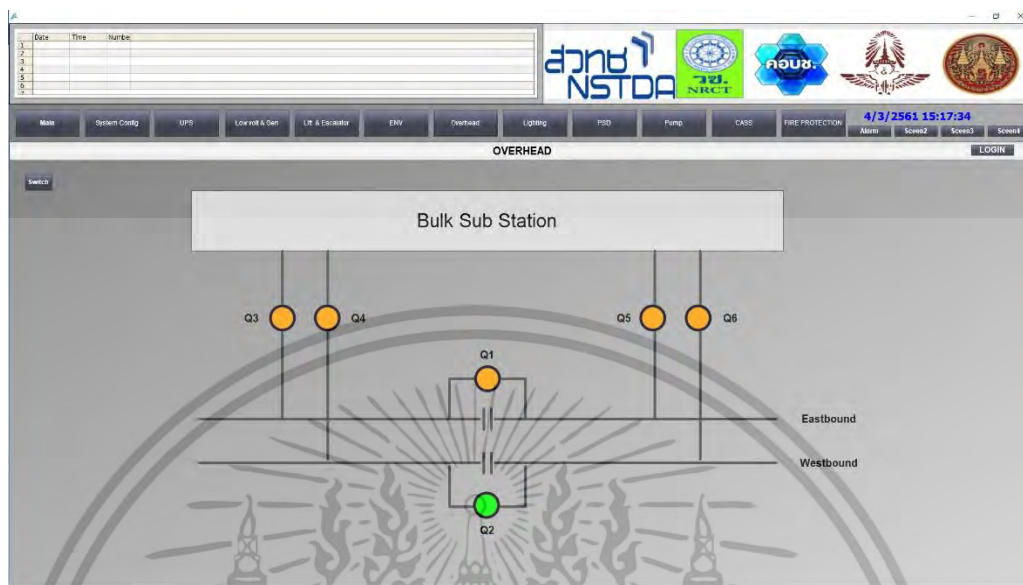
รูปที่ 5.10 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q6

เห็นได้ว่า Eastbound Line จะรับกระแสไฟฟ้าเข้าสู่รางได้นั้นจะต้องได้รับการจ่ายไฟจากวงจรตัวจ่ายไฟเหนือหัว (OCS Q3 และ OCS Q5) ซึ่งได้รับกระแสไฟฟ้ามาจากสถานีไฟฟ้าอีกที (Bulk Substation)

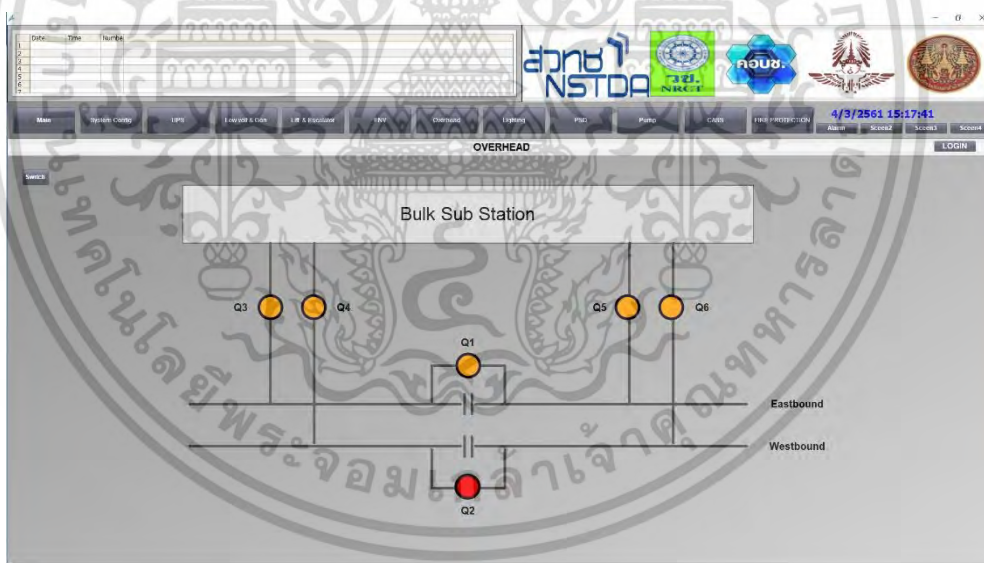
- การควบคุมเปิดสวิตช์ Q2 (OCS Q2) โดยที่เมื่อเปิดจะเป็นสีเขียว และเป็นสีแดงเมื่อปิด จะใช้งานในกรณีที่ตัวจ่ายไฟเหนือหัวตัวที่ 4 (OCS Q4) หรือ 6 (OCS Q6) ไม่สามารถใช้งานได้และต้องการส่งโปรแกรมจ่ายไฟให้กับรางรถไฟ Westbound Line ราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียว โดยเมื่อทำการเปิดสวิตช์ Q2 จะเป็นสีเขียว ดังรูปที่ 5.11 และเมื่อปิดจะเป็นสีแดง ดังรูปที่ 5.12



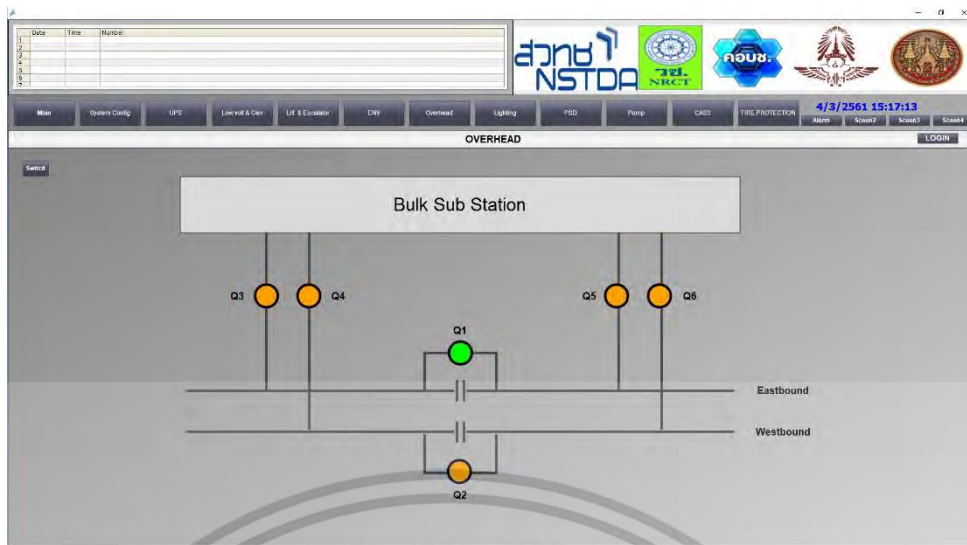
รูปที่ 5.11 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q2



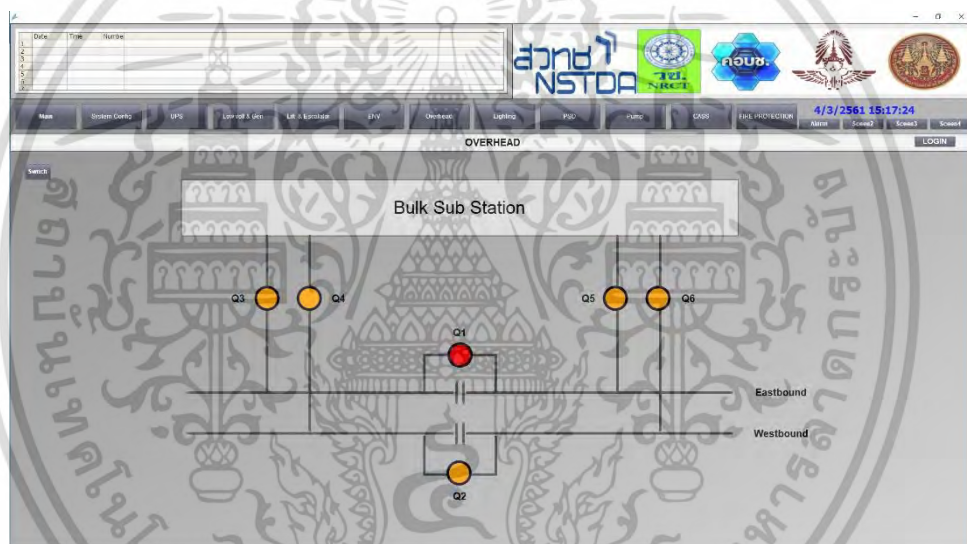
รูปที่ 5.12 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q2

- การควบคุมเปิดสวิตช์ Q1 (OCS Q1) โดยที่เมื่อเปิดจะเป็นสีเขียว และเป็นสีแดงเมื่อปิด จะใช้งานในกรณีที่ตัวจ่ายไฟเหนือหัวตัวที่ 3 (OCS Q3) หรือ 5 (OCS Q5) ไม่สามารถใช้งานได้และต้องการส่งโปรแกรมจ่ายไฟให้กับรางรถไฟ Eastbound Line รางเดียว โดยเมื่อทำการเปิดสวิตช์ Q1 จะเป็นสีเขียว ดังรูปที่ 5.13 และเมื่อปิดจะเป็นสีแดง ดังรูปที่ 5.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 เมื่อทำการจ่ายไฟให้สวิตช์ Q1



รูปที่ 5.14 เมื่อทำการปิดสวิตช์ Q1

จากรูปที่ 5.14 เห็นได้ว่า Eastbound Line ยังคงมีกระแสไฟฟ้าใช้งานในรางได้ด้วย สามารถรับกระแสไฟฟ้าได้จากวงจรจ่ายไฟเหนือตัวที่ 4 ตัวเดียว (OCS Q1) โดยจะต้องใช้งานสวิตช์ (OCS Q4) ในการสั่งวงจรปิดทำให้กระแสไฟฟ้าส่งไปยังรางรถไฟอีกฝั่งได้

5.2.2. การทดสอบระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานี (Low Voltage System)

5.2.2.1. การใช้งานระบบควบคุมการจ่ายไฟให้กับสถานี

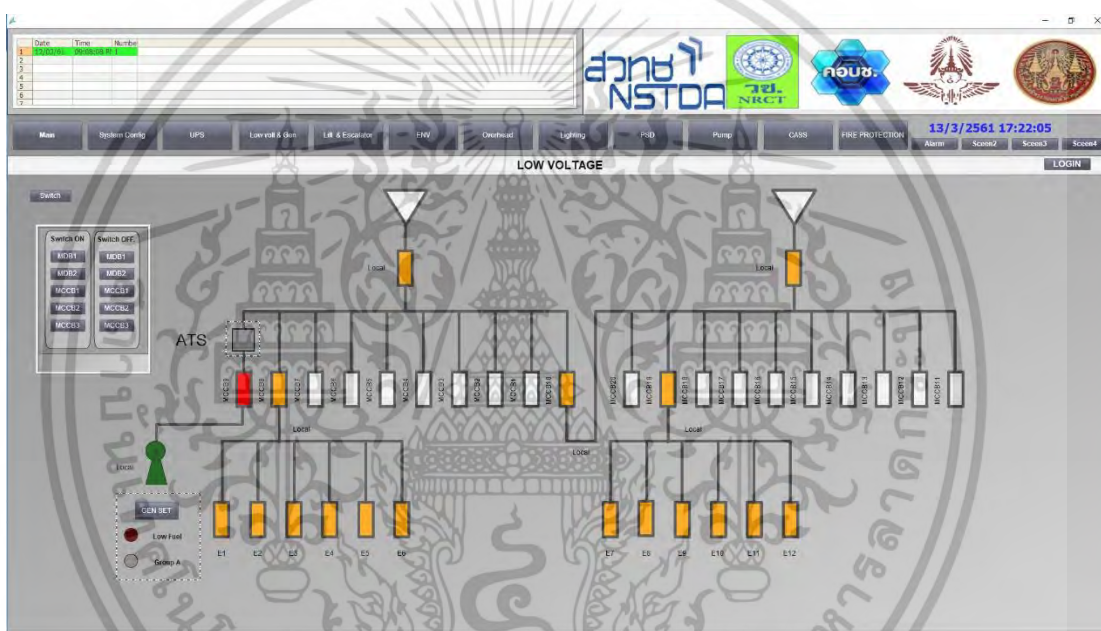
จากรูปที่ 5.15 แสดงวงจรการจ่ายให้กับสถานีรถไฟ โดยในวงจรจะมี

1. แผงจ่ายไฟขนาดใหญ่ 2 วงจร ได้แก่

- MDB1 = Main Distribution board no.1 (แผงจ่ายไฟตัวที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- MDB2 = Main Distribution board no.2 (แผงจ่ายไฟตัวที่ 2)
2. วงจรตัดต่อไฟ 3 วงจร ได้แก่
- MCCB8 = Molded Case Circuit Breaker no.8
 - MCCB19 = Molded Case Circuit Breaker no.19
 - MCCB9 = Molded Case Circuit Breaker no.9
3. TIE Switch (MCCB10) มีไว้ในกรณีแผงจ่ายไฟในแต่ละฝั่งเกิดการชำรุด โดยโปรแกรมสามารถสั่งงานสวิตช์ให้เป็นวงจรปิด (Close circuit) ได้ จะทำให้แผงจ่ายไฟอีกฝั่งสามารถจ่ายไฟได้ทันที
4. Trip State ภาวะตัดการทำงานจากกระแสเกิน



รูปที่ 5.15 หน้าต่างของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานี

ตารางที่ 5.2 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบระบบจ่ายไฟแรงดันต่ำ

No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Power Supply System-Low Volte System				
25	MDB1 Switch	Switching State	Open	DO	Q8.0
26	MDB1 Switch	Switching State	Close	DO	Q8.1
27	MDB1 Switch	Switching State	Open	DI	I8.0
28	MDB1 Switch	Switching State	Close	DI	I8.1
29	MDB1 Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI	I8.2
30	MDB1 Switch	Trip State	Trip	DI	I8.3
31	MDB2 Switch	Switching State	Open	DO	Q8.2
32	MDB2 Switch	Switching State	Close	DO	Q8.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในงานวิจัยและพัฒนาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33	MDB2 Switch	Switching State	Open	DI	I8.4
34	MDB2 Switch	Switching State	Close	DI	I8.5
35	MDB2 Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI	I8.6
36	MDB2 Switch	Trip State	Trip	DI	I8.7
37	MCCB1 Status	Status	Open	DO	Q8.4
38	MCCB1 Status	Status	Close	DO	Q8.5
39	MCCB1 Status	Status	Open	DI	I9.0
40	MCCB1 Status	Status	Close	DI	I9.1
41	MCCB1 Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI	I9.2
42	MCCB2 Status	Status	Open	DO	Q8.6
43	MCCB2 Status	Status	Close	DO	Q8.7
44	MCCB2 Status	Status	Open	DI	I9.3
45	MCCB2 Status	Status	Close	DI	I9.4
46	MCCB2 Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI	I9.5
47	MCCB3 Status	Status	Open	DO	Q9.0
48	MCCB3 Status	Status	Close	DO	Q9.1
49	MCCB3 Status	Status	Open	DI	I9.6
50	MCCB3 Status	Status	Close	DI	I9.7
51	MCCB3 Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI	I10.0

โดยแสดงลำดับการจ่ายไฟของระบบควบคุมการจ่ายไฟให้กับสถานีได้ดังนี้

- MDB1 มีหน้าที่จ่ายไฟให้กับ MCCB1 และ MCCB2 ซึ่ง MCCB1 จะจ่ายไฟให้กับระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ส่วนนี้จะอธิบายในหัวข้อ 4.2.3 และ MCCB2 จะจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานีรถไฟ
- MDB2 มีหน้าที่จ่ายไฟให้กับ MCCB12 ซึ่ง MCCB12 จะจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานีรถไฟ

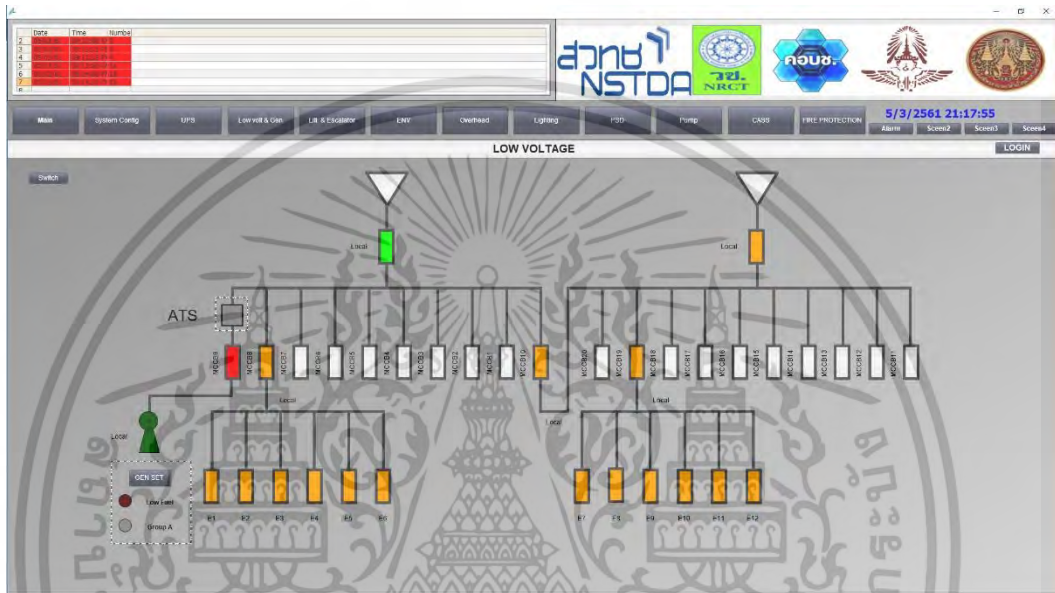
5.2.2.2. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมหน้าระบบควบคุมการจ่ายไฟให้สถานี

- กรณีสั่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ (Essential/Non-Essential) ทั้งสองฝั่ง โดยสั่งจากหน้าจอกอมพิวเตอร์โดยจะสั่งผ่านสวิทช์ที่อยู่ทางด้านซ้ายของหน้าจออินเตอร์เฟซ จะเป็นการสั่งผ่านพอร์ต DO เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน และจะเป็น Feedback การทำงานผ่านพอร์ต DI กลับมาแสดงผลเช่นเดียวกัน จากหน้าจออินเตอร์เฟซ จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ต่าง ๆ จะรับกระแสไฟฟ้าได้นั้นจะต้องได้รับการจ่ายไฟจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ (MCCB1, MCCB2 และ MCCB13) ซึ่งได้รับกระแสไฟฟ้ามาจากแผงจ่ายไฟอีกที (MDB1 และ MDB2) โดยแผงจ่ายไฟและเซอร์กิตเบรกเกอร์จะสามารถมีสถานะเปิด และสถานะปิด และมีการแสดงถึงสถานะ Remote และ Local โดยที่สถานะ Remote เพื่อบอกว่าสามารถควบคุมการจ่ายไฟผ่านหน้าจอกอมพิวเตอร์ได้ หากต้องการควบคุมผ่านอุปกรณ์ต้องไปเปลี่ยนสวิทช์ให้เป็น Local และหน้าจอกอมพิวเตอร์จะแสดงว่า Local ซึ่งในการทำงานของระบบนี้

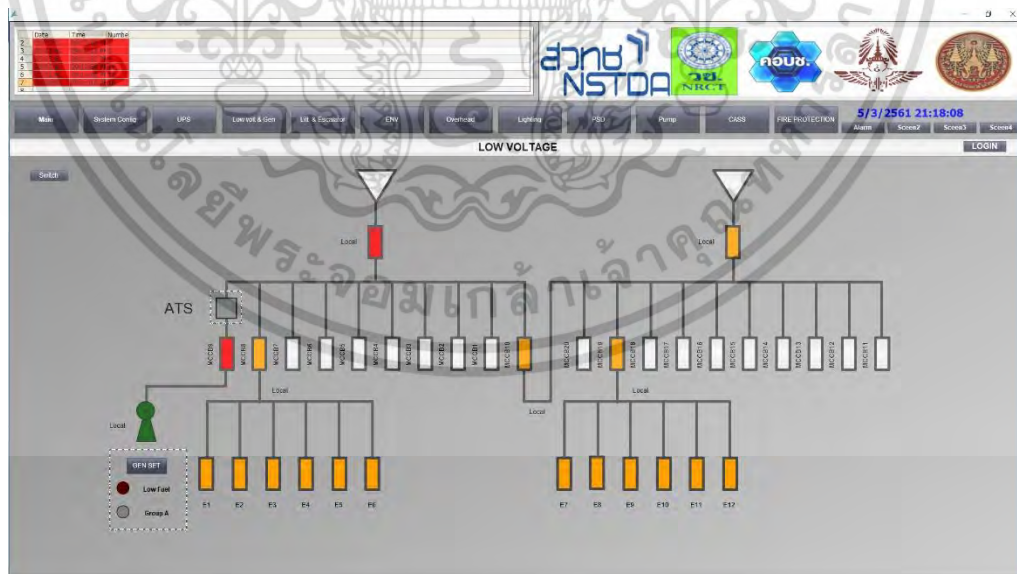
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีการจ่ายไฟทันที และสถานะ Trip State คือจะเป็นการตัดการทำงานจากกระแสไฟฟ้าเกิดที่อุปกรณ์นั้น ๆ

เมื่อสั่ง MDB1 เปิด โดยการกดสวิตช์ MDB1 ON จนไฟสถานะขึ้นที่ DO : Q8.0 และทำการสร้าง feedback กลับมาโดยการต่อ input 24 VDC กับพอร์ต DI : I8.0 จะทำให้ MDB1 มีสถานะเปิดสวิตช์การทำงาน เป็นสีเขียว แสดงดังรูปที่ 5.16 และเมื่อทำการปิดสวิตช์ โดยการกดสวิตช์ และต่อ input ตาม I/O List โดยเมื่อปิดสวิตช์ MDB1 จะมีสถานะเป็นสีแดง โดยแสดงดังรูปที่ 5.17



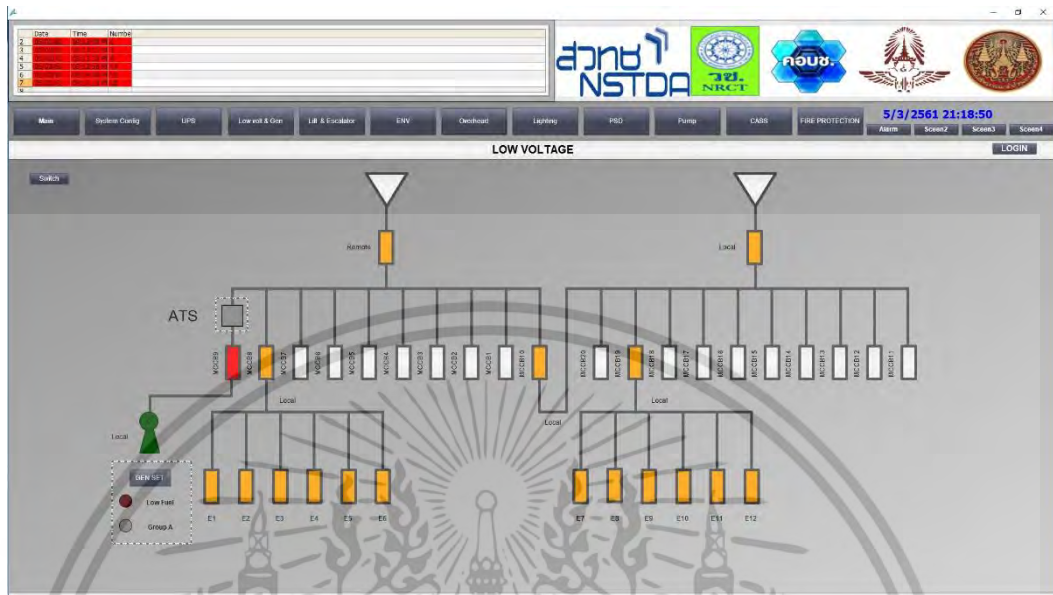
รูปที่ 5.16 เมื่อสั่งเปิดสวิตช์ MDB1



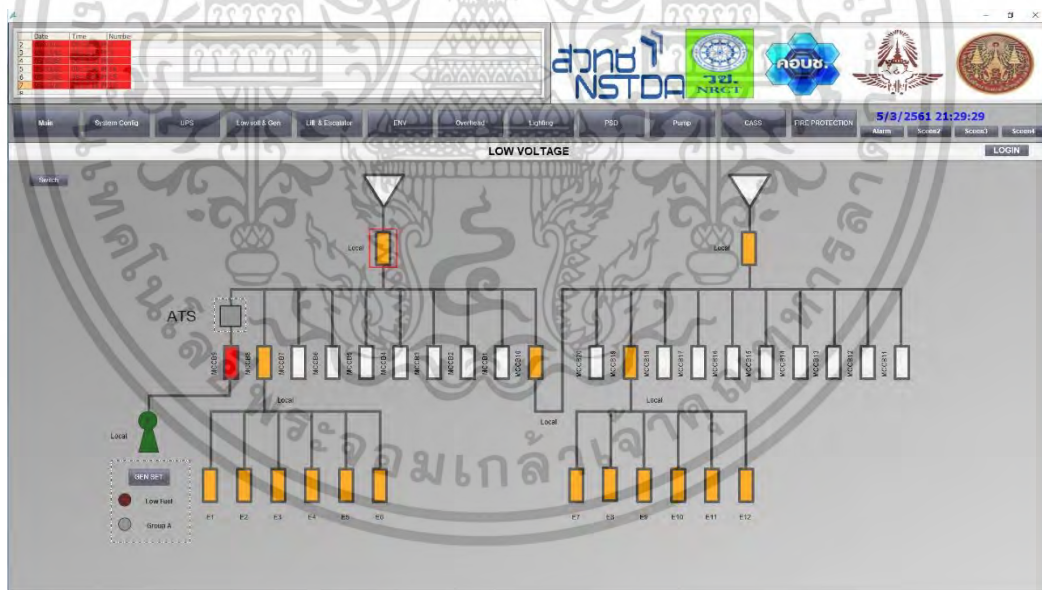
รูปที่ 5.17 เมื่อสั่งปิดสวิตช์ MDB1

ในสภาวะปกติ จะมีสถานะเป็น Local หรือการควบคุมผ่านอุปกรณ์โดยตรง หากต้องการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์จะต้องสั่งให้เป็นโหมด Remote โดยสั่งผ่าน Input DI : I8.2 โดยจะมีคำว่า Remote เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นมาที่ MDB1 โดยจะแสดงดังรูปที่ 5.18 และเมื่อมี Trip State จะเป็นสีเหลี่ยมสีแดงขึ้นมาโดยแสดงดังรูปที่ 5.19



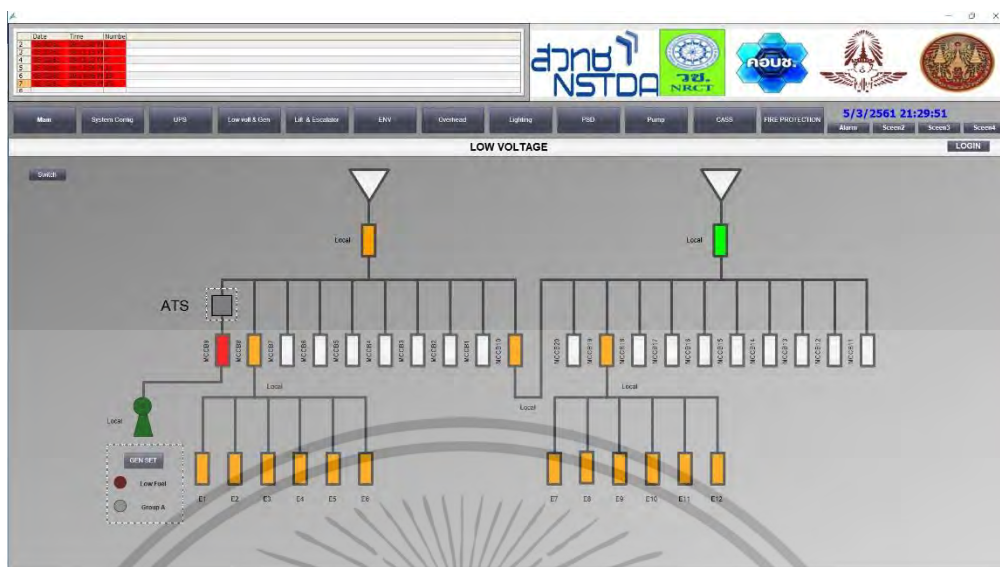
รูปที่ 5.18 เมื่อสวิตช์ MDB1 เป็นสถานะ Remote



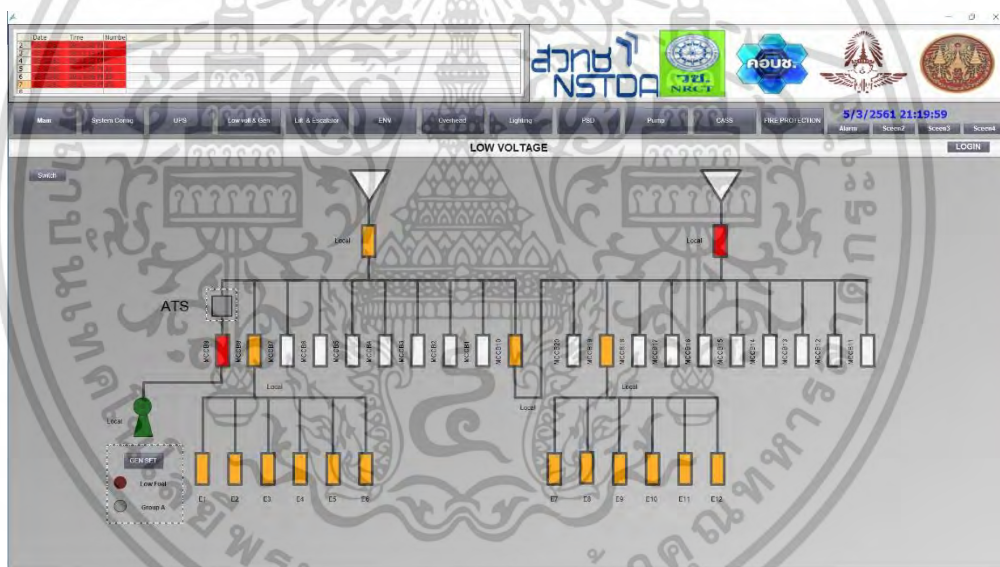
รูปที่ 5.19 เมื่อสวิตช์ MDB1 เป็น Trip State

สำหรับสวิตช์ MDB2 นั้นจะมีการทำงานเช่นเดียวกับสวิตช์ MDB1 โดยเมื่อสั่ง MDB2 เปิด โดยการกดสวิตช์ MDB2 ON จนไฟสถานะขึ้นที่ DO : Q8.2 และทำการสร้าง feedback กลับมาโดยการต่อ input 24 VDC กับพอร์ต DI : I8.4 จะทำให้ MDB2 มีสถานะเปิดสวิตช์การทำงาน เป็นสีเขียวแสดงดังรูปที่ 5.20 และเมื่อทำการปิดสวิตช์ โดยการกดสวิตช์ และต่อ input ตาม I/O List โดยเมื่อปิดสวิตช์ MDB2 จะมีสถานะเป็นสีแดง โดยแสดงดังรูปที่ 5.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



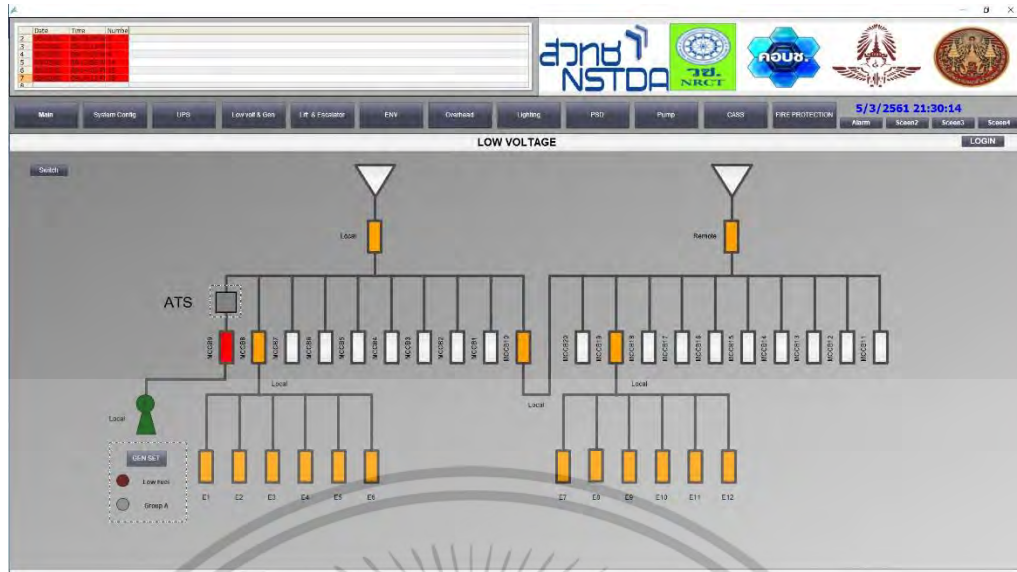
รูปที่ 5.20 เมื่อสั่งเปิดสวิตช์ MDB2



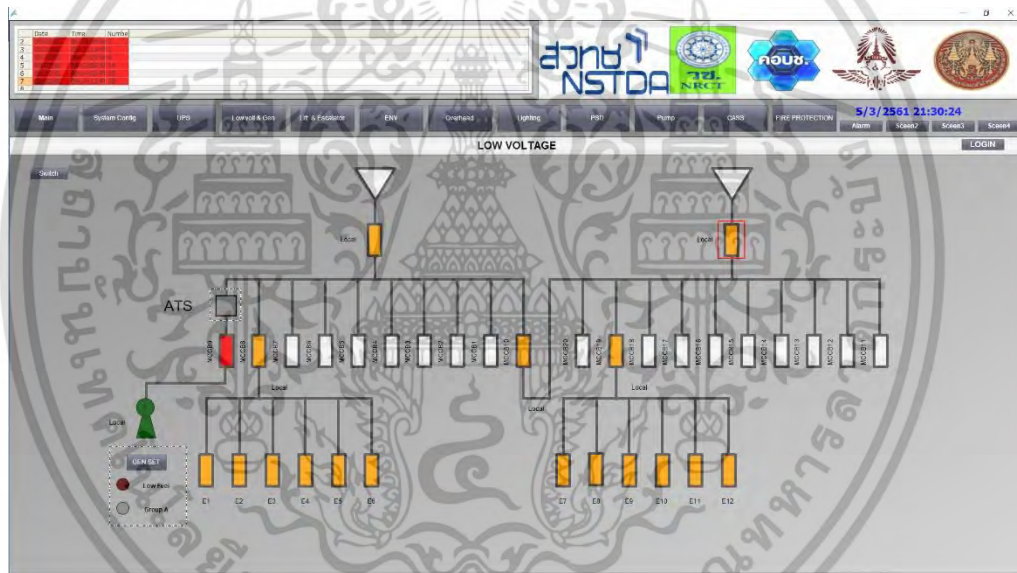
รูปที่ 5.21 เมื่อสั่งปิดสวิตช์ MDB2

ในสภาวะปกติ จะมีสถานะเป็น Local หรือการควบคุมผ่านอุปกรณ์โดยตรง หากต้องการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์จะต้องสั่งให้เป็นโหมด Remote โดยสั่งผ่าน Input DI : 18.6 โดยจะมีคำว่า Remote ขึ้นมาที่ MDB2 โดยจะแสดงดังรูปที่ 5.22 และเมื่อมี Trip State จะเป็นสีเหลี่ยมสีแดงขึ้นมาโดยแสดงดังรูปที่ 5.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



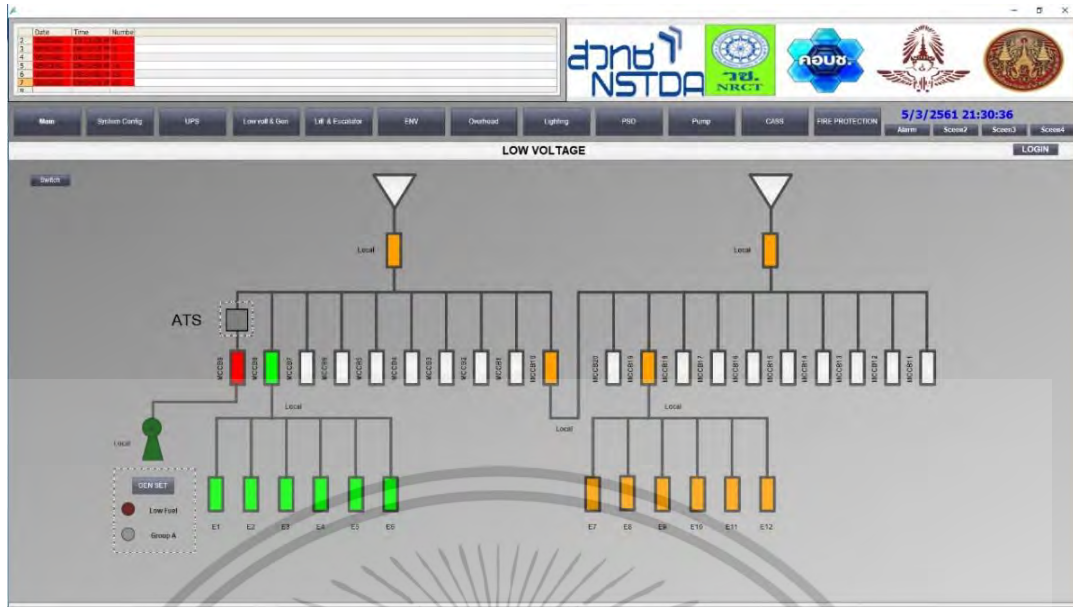
รูปที่ 5.22 เมื่อสวิตช์ MDB2 เป็นสถานะ Remote



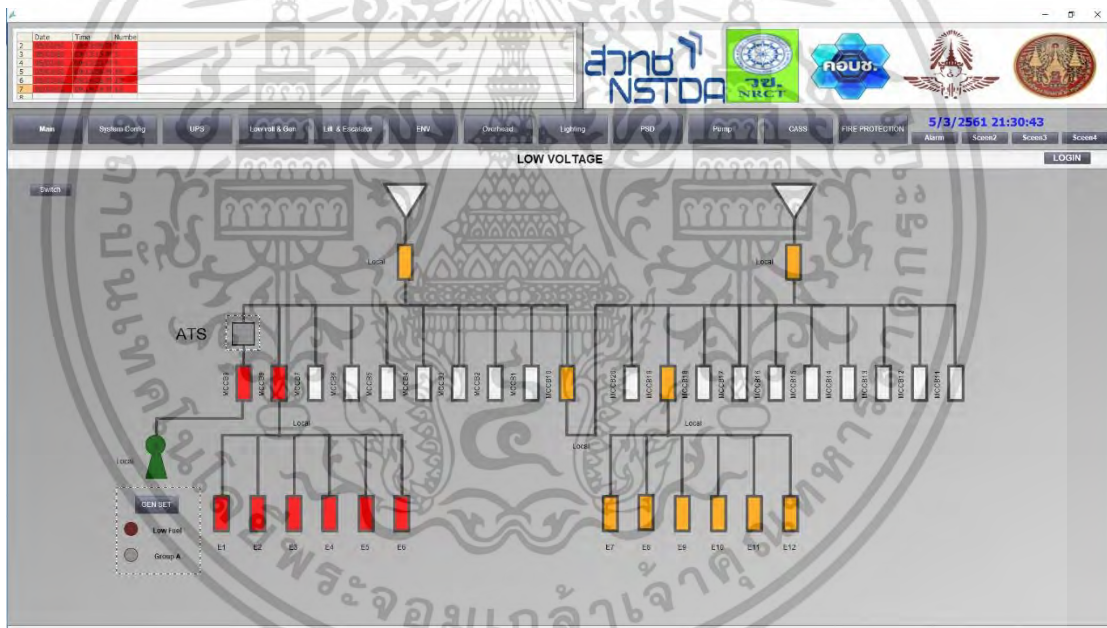
รูปที่ 5.23 เมื่อสั่งสวิตช์ MDB2 เป็น Trip State

ในส่วนต่อมา จะเป็นการควบคุมสวิตช์เซอร์กิตเบรกเกอร์ (MCCB) ซึ่งจะรับกระแสไฟฟ้ามาจาก MDB อีกทีหนึ่ง เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ (E) โดยการทำงานจะสามารถสั่งเปิด ปิดจากสวิตช์บนหน้าจออินเตอร์เฟสได้ และมี feedback กลับมาแสดงผลบนหน้าจออินเตอร์เฟสว่าเป็นสถานะเปิด หรือปิด โดยเมื่อมีสถานะเปิด MCCB1 (หรือในหน้าอินเตอร์เฟสคือ MCCB8) จะเป็นสีเขียว และอุปกรณ์ต่าง ๆ (E1-E7) จะเป็นสีเขียวตามไปด้วย แสดงดังรูปที่ 5.24 และเมื่อปิดจะเป็นสีแดง ดังรูปที่ 5.25 และสามารถเปลี่ยนสถานการณ์ควบคุมจากควบคุมที่ตัวอุปกรณ์ หรือ Local มาเป็นโหมดควบคุมด้วยหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Remote) โดยแสดงดังรูปที่ 5.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

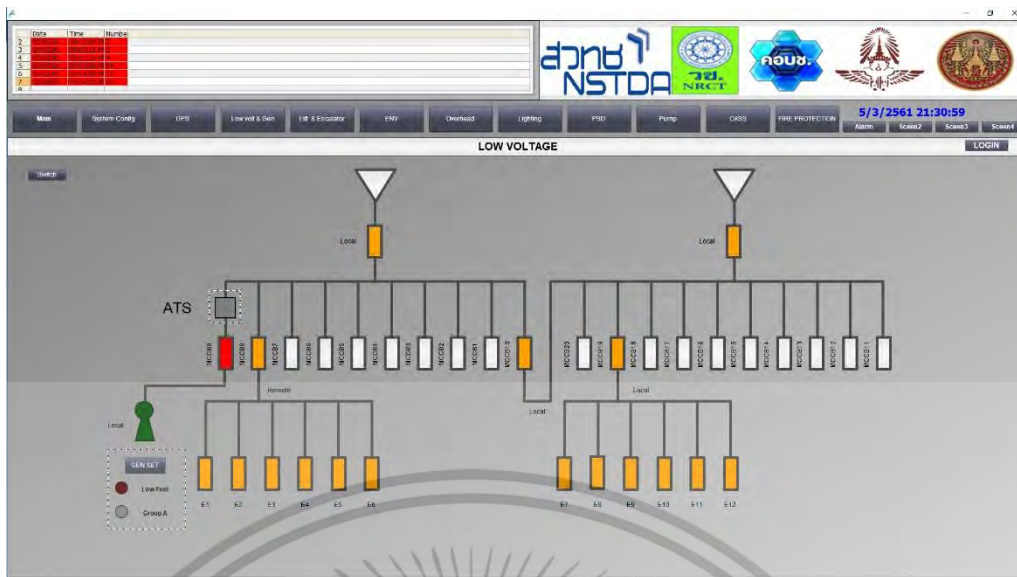


รูปที่ 5.24 เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB1 เปิด



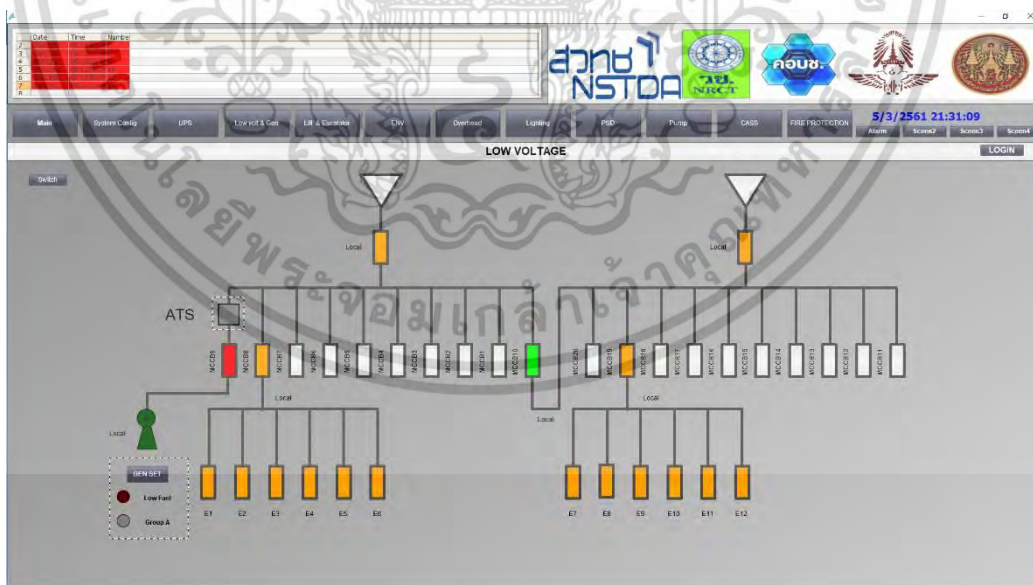
รูปที่ 5.25 เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB1 ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



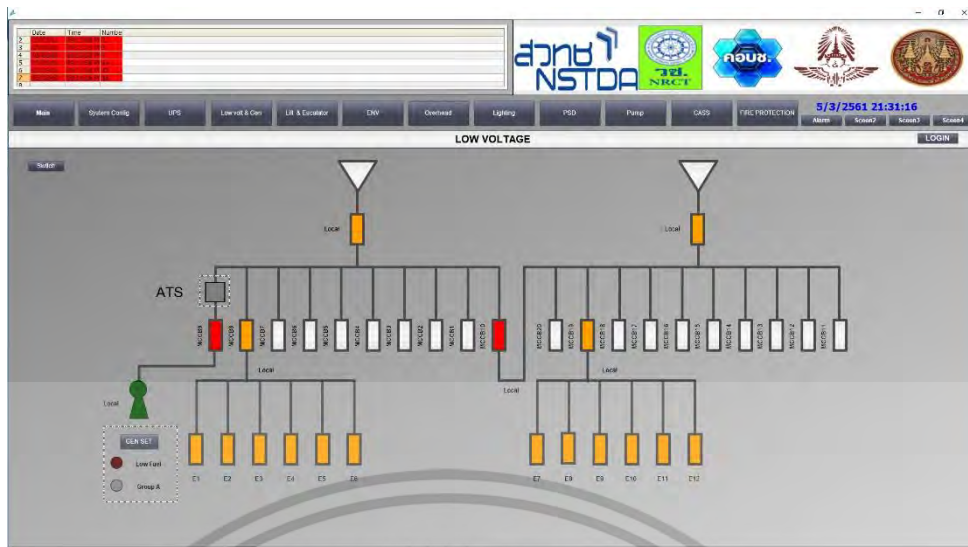
รูปที่ 5.26 เมื่อสวิตช์ MCCB1 ให้เป็นสถานะ Remote

ในส่วนต่อมาก็คือในส่วนของ MCCB2 หรือในอินเตอร์เฟสคือ MCCB10 ซึ่งจะเป็นเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเหมือน TIE SWITCH คือเพื่อมิไว้ในกรณีแผงจ่ายไฟในแต่ละฝั่งเกิดการชำรุด โดยโปรแกรมสามารถสั่งงานสวิตช์ให้เป็นวงจรปิด (Close Circuit) ทันทัน โดยจะมีสามสถานะเช่นเดียวกัน คือ เปิดใช้งาน ปิดใช้งาน และเปลี่ยนจาก Local เป็น Remote โดยแสดงดังรูปที่ 5.27 รูปที่ 5.28 และ รูปที่ 5.29 ตามลำดับ

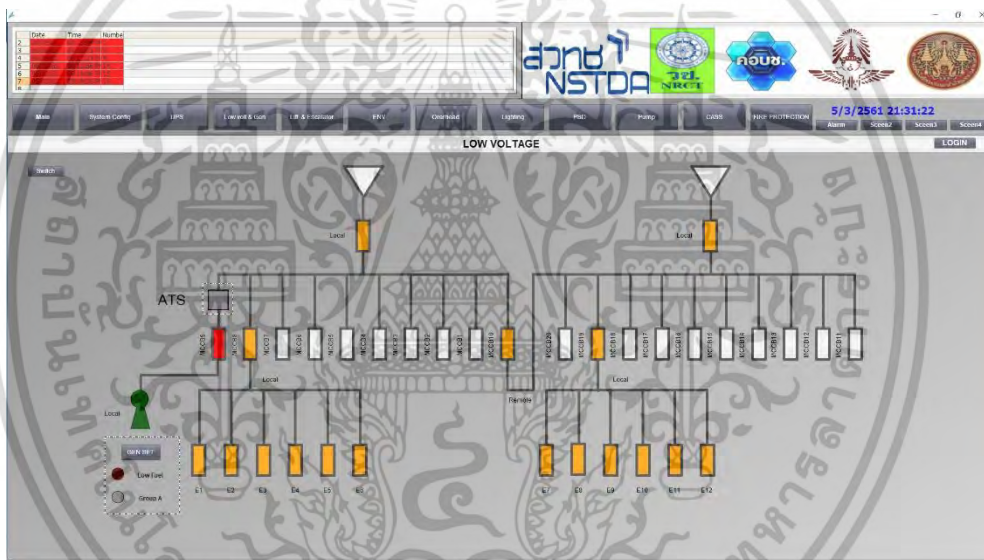


รูปที่ 5.27 เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB10 เปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



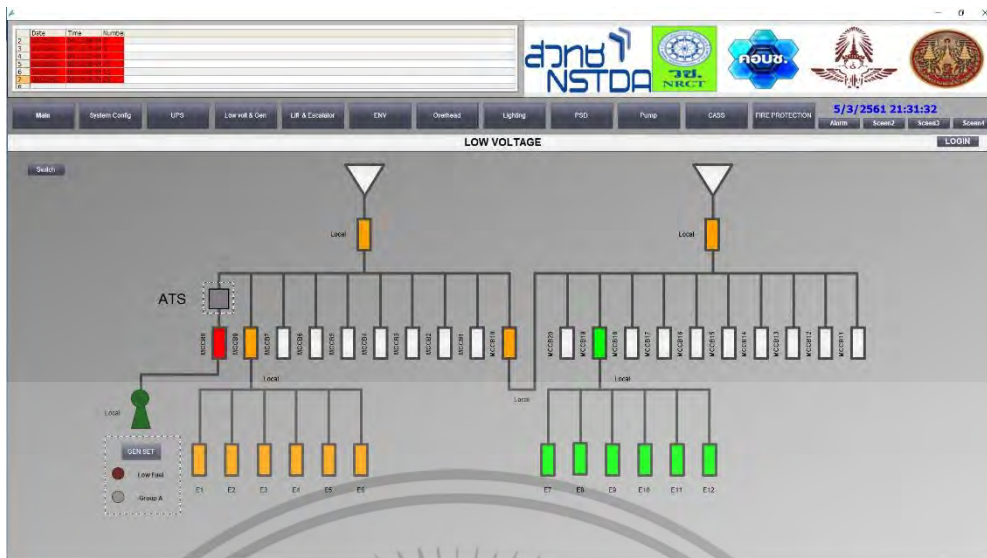
รูปที่ 5.28 เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB10 ปิด



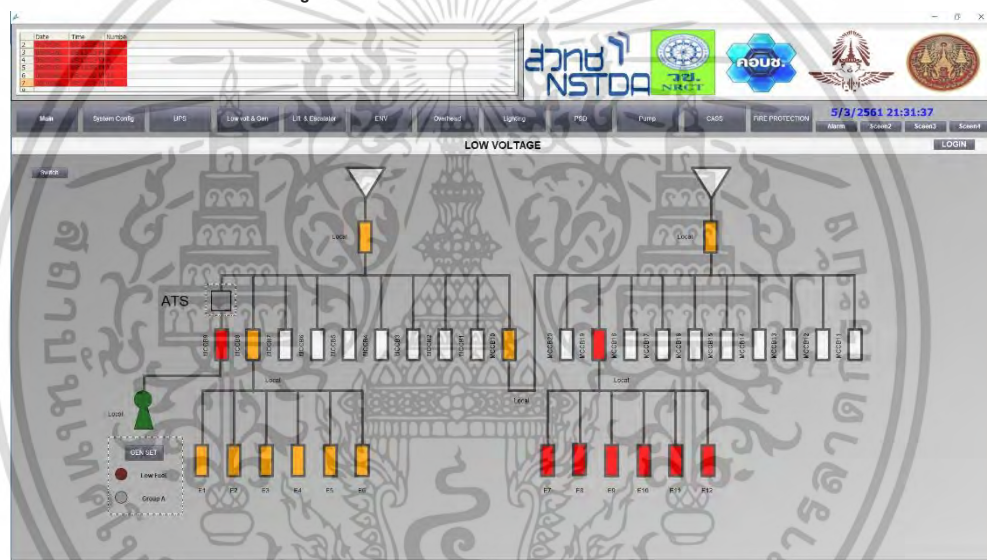
รูปที่ 5.29 เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB10 เป็นโหมด Remote

ในส่วนของ MCCB3 (หรือในหน้าอินเตอร์เฟซคือ MCCB19) จะมีการทำงานเช่นเดียวกับ MCCB1 และ MCCB2 เพียงแต่จะจ่ายไฟแยกมาคนละส่วน โดยมี MCCB2 เป็นตัวเชื่อม โดยจะมีการทำงานโดยเมื่อเปิด จะเป็นสีเขียว และอุปกรณ์ต่าง ๆ (E8-E12) จะเป็นสีเขียวตามไปด้วย แสดงดังรูปที่ 5.30 และเมื่อปิดจะเป็นสีแดง ดังรูปที่ 5.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.30 เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB3 เปิด



รูปที่ 5.31 เมื่อสั่งสวิตช์ MCCB3 ปิด

5.2.3. การทดสอบระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

ระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า จะเป็นระบบย่อย ที่อยู่ในหน้าจออินเตอร์เฟซของระบบจ่ายไฟฟ้าให้สถานี โดยจะอยู่ที่มุมด้านล่างซ้ายของอินเตอร์เฟซ ดังรูปที่ 4.33 แสดงวงจรการกำเนิดไฟฟ้า (ในกรอบสีแดง) โดยในวงจรจะมี Generator Switch โดยแสดงลำดับการทำงานของระบบ Generator ได้ดัง I/O List ทั้งหมดดังตารางที่ 5.3

5.2.3.1. การใช้งานระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า

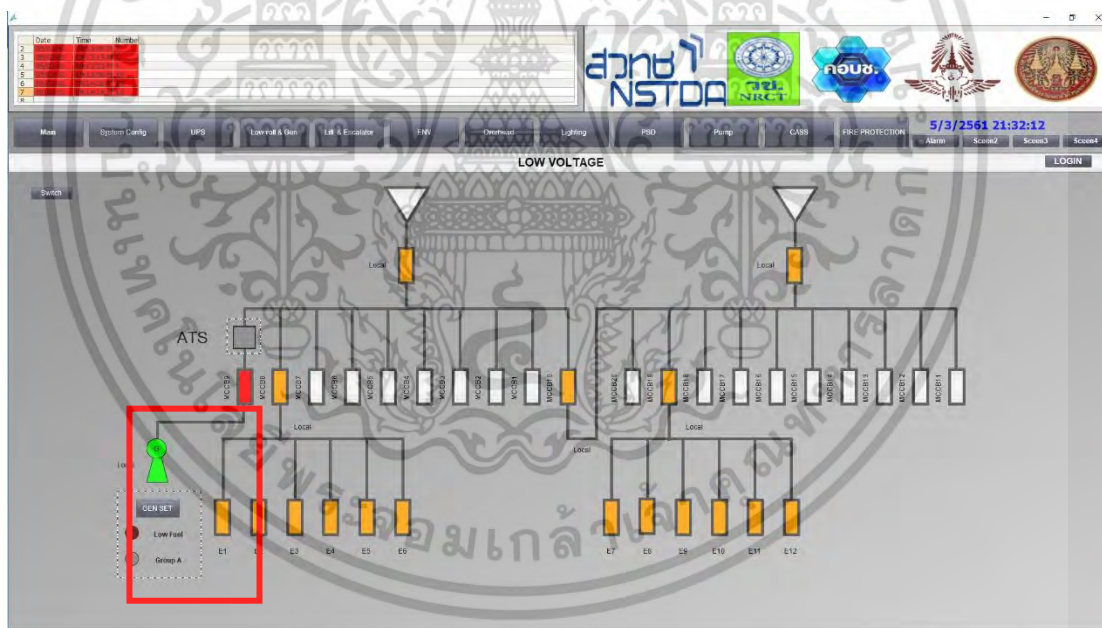
จากตาราง I/O List สถานการณ์ทำงานของระบบควบคุมกำเนิดไฟฟ้า หากระบบ Low Voltage เกิดข้อผิดพลาดหรือชำรุด ระบบ Generator จะสั่งงาน Automatic Transfer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Switch (ATS) ให้เป็นวงจรปิด เพื่อให้ทำงานระบบ Generator ได้ โดยจะมีการสั่งงานสวิตช์เพื่อให้ระบบทำงานได้ และยังมีการทำงานของ MCB ในส่วนที่จะจ่ายไปให้วงจรหลัก อีกด้วย

ตารางที่ 5.3 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประจำสถานี

No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Power Supply System-Generator				
74	Generator is running	Status	Appear / Disappear	DI	I10.1
75	Low fuel alarm	Status	Appear / Disappear	DI	I10.2
76	ATS Position "normal"	Status	Appear / Disappear	DI	I10.3
77	ATS Position "Generator"	Status	Appear / Disappear	DI	I10.4
78	MCB Status	Status	Open	DO	Q9.2
79	MCB Status	Status	Close	DO	Q9.3
80	MCB Status	Status	Open	DI	I10.5
81	MCB Select Switch	Switching State	Local/Remote	DI	I10.6
82	MCB trip	Status	Appear / Disappear	DI	I10.7

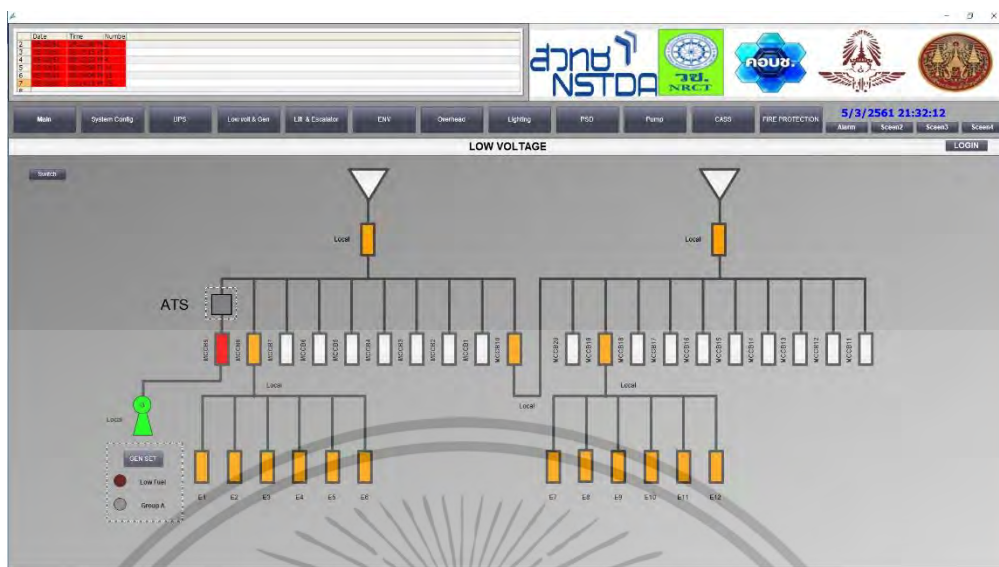


รูปที่ 5.32 วงจรการทำงานของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า

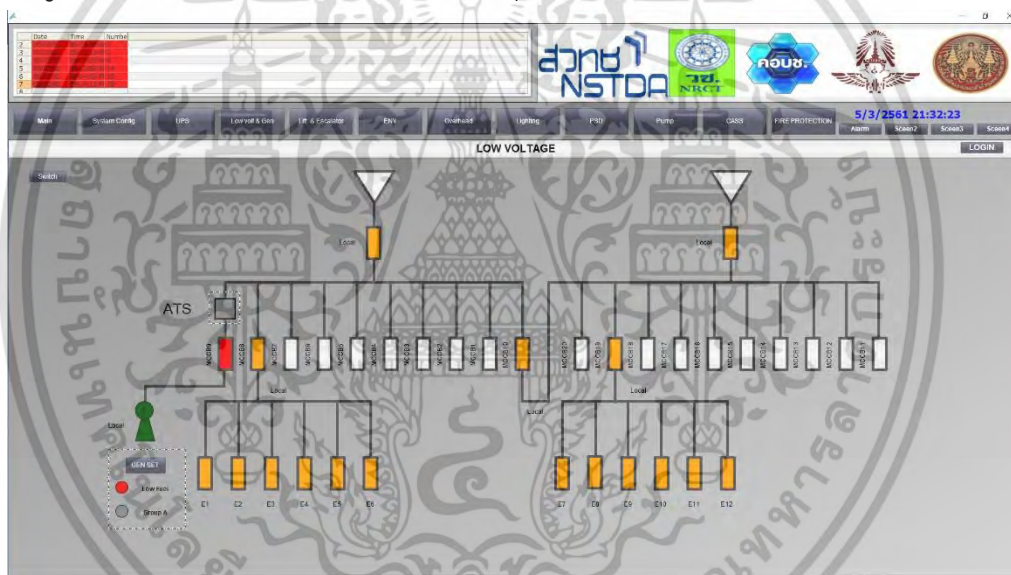
5.2.3.2. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมหน้าระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า

ในการทำงานของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า เมื่อสั่งให้ระบบทำงาน โดยผ่านการอินพุต DI : I10.1 จะเห็นได้ว่าสัญลักษณ์ Generator จะแสดงเป็นสีเขียว เพื่อแจ้งว่าระบบ Generator ทำงาน โดยจะแสดงดังรูปที่ 5.34 และหากน้ำมันเหลือน้อย จะสามารถแจ้งเตือน Low Fuel Alarm ที่หน้าจอโดยจะมีไฟสีแดงขึ้นมา โดยแสดงดังรูปที่ 5.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



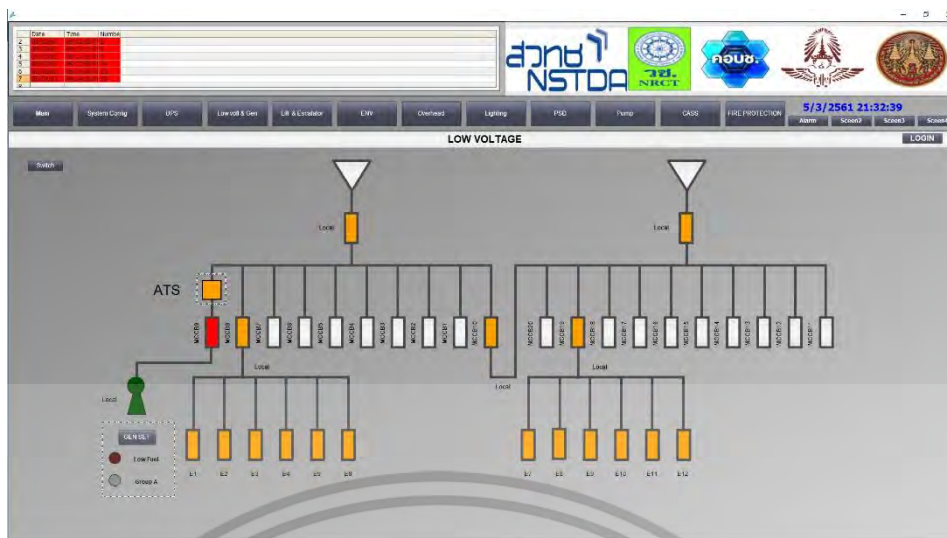
รูปที่ 5.33 วงจรการทำงานของระบบควบคุมการกำเนิดไฟฟ้า เป็นสีเขียวคือเริ่มทำงาน



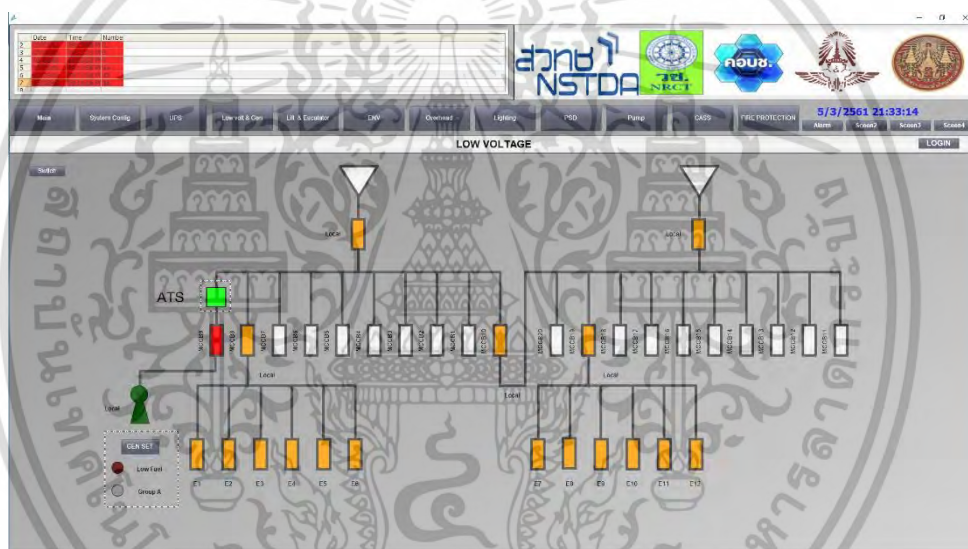
รูปที่ 5.34 การแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำมันลดต่ำ (Low Fuel Alarm)

กรณีระบบ Generator จ่ายกระแสไฟฟ้าไปให้สถานี จะเห็นได้ว่าระบบจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อ ATS เป็นวงจรปิดและตำแหน่ง จ่ายกระแสไฟฟ้ามาจาก Generator และ ATS จะจำลองได้จากจำลองสถานะของ ATS โดยในที่นี้จะใช้ เป็น input DI : I10.3 และ I10.4 เป็นสถานะ Normal ซึ่งสวิทซ์ ATS จะเป็นสีเขียว โดยแสดงดังรูปที่ 5.36 และสถานะ Generator จ่ายกระแสไฟฟ้าให้สถานี โดยสวิทซ์จะเป็นสีเขียว แสดงดังรูปที่ 5.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



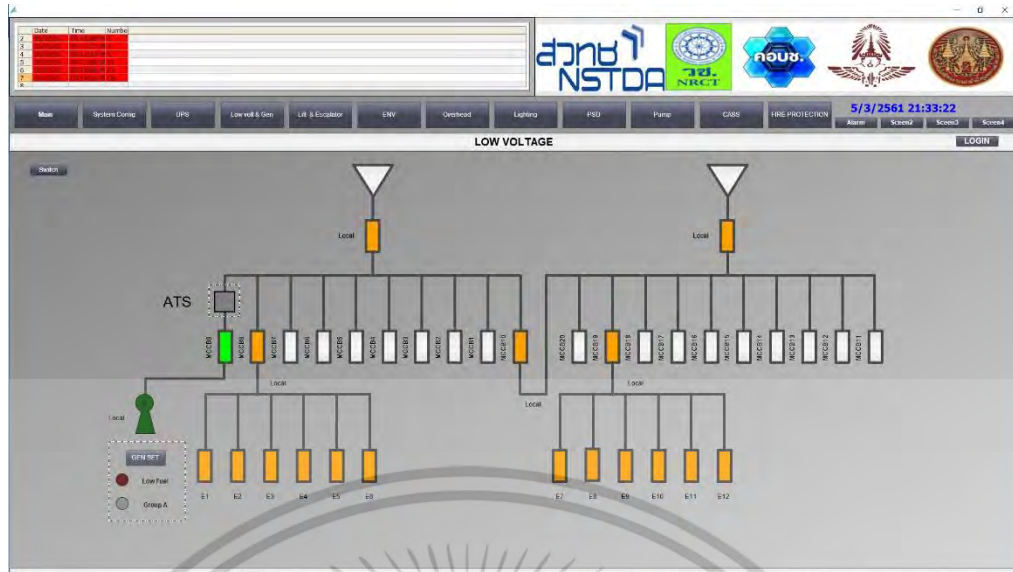
รูปที่ 5.35 ATS อยู่ในสถานะปกติ Normal



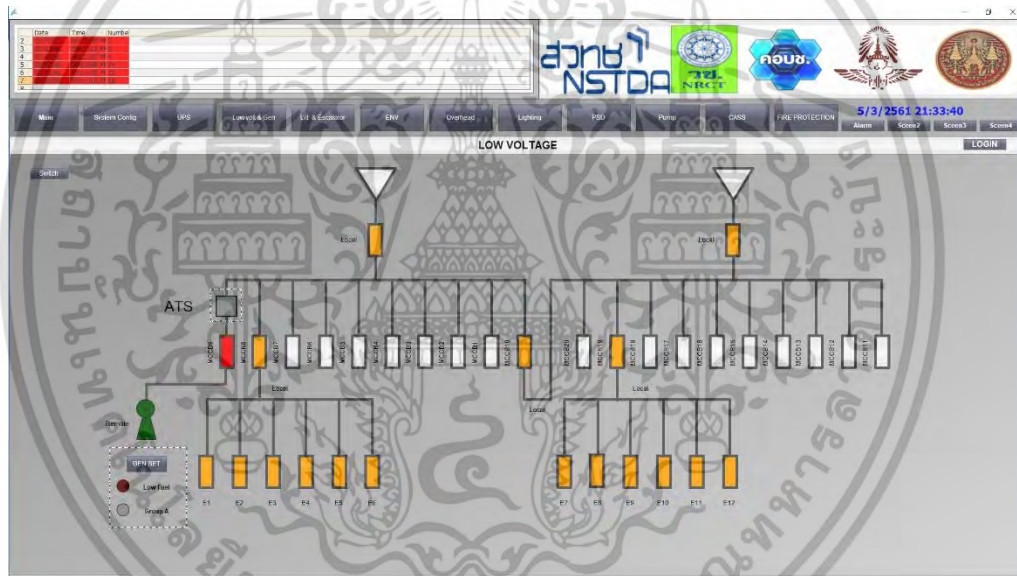
รูปที่ 5.36 ATS อยู่ในสถานะจ่ายกระแสไฟฟ้าจาก Generator

ในส่วนต่อมา จะเป็นสวิตช์เซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อจ่ายไฟฟ้าจาก Generator ให้กับ วงจร ในที่นี้คือ MCCB9 โดยจะมีหลักการทำงานเช่นเดียวกันกับ MCCB ตัวอื่นดังที่กล่าวมาข้างต้น คือจะสามารถจำลองเปิด-ปิดจากสวิตช์บนหน้าจ่อินเตอร์เฟซได้ และจำลองสถานะผ่าน Digital Input เพื่อแสดงสถานะสวิตช์เปิด จะเป็นสีเขียว และสวิตช์ปิด จะเป็นสีแดง และ Trip State ได้ โดยแสดงดังรูปที่ 5.36 ถึง รูปที่ 5.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

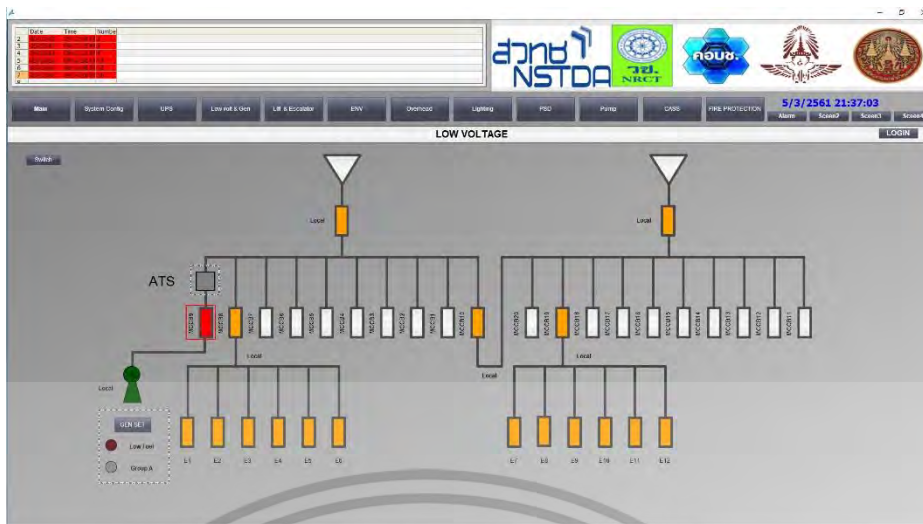


รูปที่ 5.37 MCCB9 มีสถานะสวิตช์เปิด



รูปที่ 5.38 MCCB9 มีสถานะสวิตช์ปิด

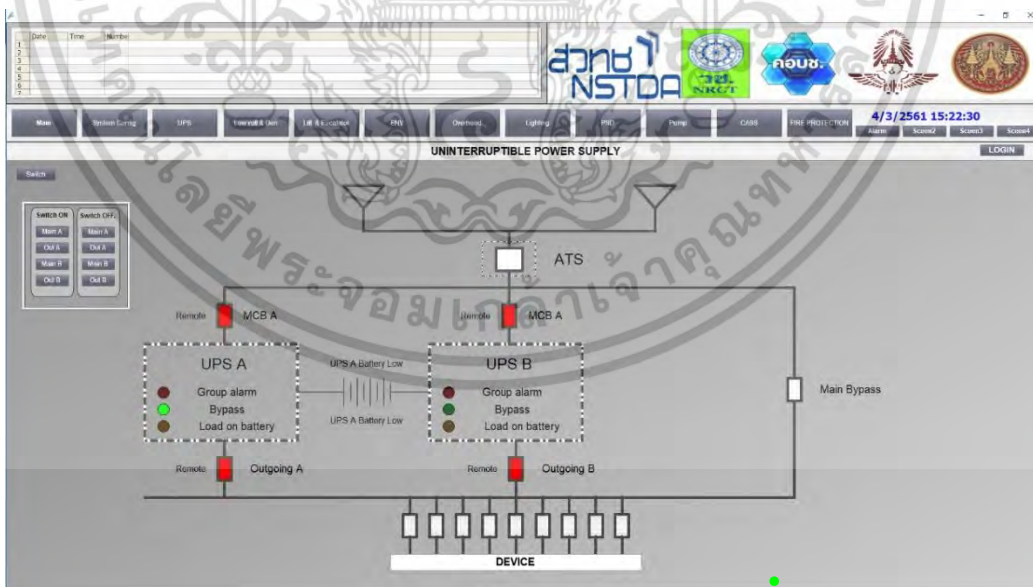
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.39 MCCB9 มีสถานะ Trip State

5.2.4. การทดสอบระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Uninterruptible Power Supply: UPS)

เมื่อแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Uninterruptible Power Supply: UPS) รับพลังงานไฟฟ้าเข้ามา ไม่ว่าจะคุณภาพไฟฟ้าจะเป็นอย่างไรก็ยังสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เป็นปกติ รวมถึงทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งหลักการของ UPS ก็คือ ใช้วิธีการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แล้วเก็บสำรองไว้ในแบตเตอรี่ส่วนหนึ่ง และในกรณีที่เกิดปัญหาทางไฟฟ้า



รูปที่ 5.40 โปรแกรมแสดงหน้าหลักของระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบระบบสำรองไฟฟ้า

No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Power Supply System-UPS				
52	UPS A Main circuit Breaker	Switching State	Open	DO	Q12.0
53	UPS A Main circuit Breaker	Switching State	Close	DO	Q12.1
54	UPS A Main circuit Breaker	Switching State	Open	DI	I12.0
55	UPS A Outgoing disconnecter switch	Switching State	Open	DO	Q12.2
56	UPS A Outgoing disconnecter switch	Switching State	Close	DO	Q12.3
57	UPS A Outgoing disconnecter switch	Switching State	Open	DI	I12.1
58	UPS A Group alarm	State	Appear / Disappear	DI	I12.2
59	UPS A Battery low	State	Appear / Disappear	DI	I12.3
60	UPS A load on battery	State	Appear / Disappear	DI	I12.4
61	UPS A load on auxiliary source	State	Appear / Disappear	DI	I12.5
62	UPS A Bypass switch ON	State	Appear / Disappear	DI	I12.6
63	UPS B Main circuit Breaker	Switching State	Open	DO	Q12.4
64	UPS B Main circuit Breaker	Switching State	Close	DO	Q12.5
65	UPS B Main circuit Breaker	Switching State	Open	DI	I12.7
66	UPS B Outgoing disconnecter switch	Switching State	Open	DO	Q12.6
67	UPS B Outgoing disconnecter switch	Switching State	Close	DO	Q12.7
68	UPS B Outgoing disconnecter switch	Switching State	Open	DI	I13.0
69	UPS B Group alarm	Status	Appear / Disappear	DI	I13.1
70	UPS B Battery low	Status	Appear / Disappear	DI	I13.2
71	UPS B load on battery	Status	Appear / Disappear	DI	I13.3
72	UPS B load on auxiliary source	Status	Appear / Disappear	DI	I13.4
73	UPS B Bypass switch ON	Status	Appear / Disappear	DI	I13.5

5.2.4.1.การใช้งานระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง

จากรูปที่ 5.40 แสดงระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง โดยในระบบจะมี 2 แหล่งจ่าย ได้แก่ UPS A และ UPS B ซึ่งในวงจรจะมี

1. Main Circuit Breaker (MCB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- UPS A Main Circuit Breaker
 - UPS B Main Circuit Breaker
2. Outgoing Disconnecter Switch
- UPS A Outgoing Disconnecter Switch
 - UPS B Outgoing Disconnecter Switch
3. Bypass Switch
- UPS A Bypass Switch
 - UPS B Bypass Switch
 - Main Bypass Switch

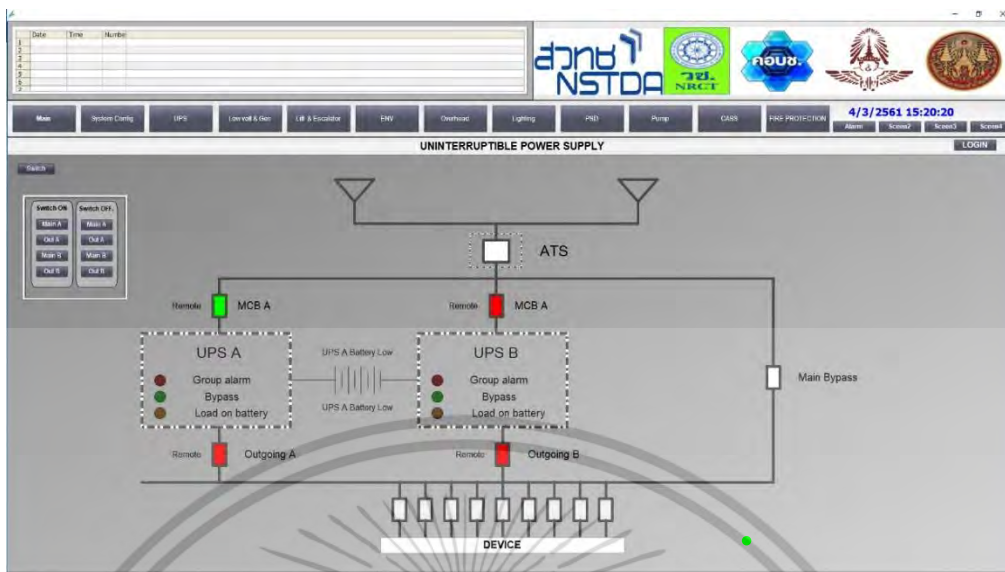
ซึ่งในแต่ละแหล่งจ่ายไฟจะมีฟังก์ชันต่างๆ ดังนี้ กรณีมีความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟ (Group Alarm) กรณีแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟสำรองแรงดันไฟอยู่ในระดับต่ำ (Battery Low) และกรณีใช้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Load on Battery) โดยแสดงลำดับการจ่ายไฟของระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง ได้คือ

หากต้องการใช้งานระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง จะต้องสั่งงาน ATS ให้เป็นวงจรปิดในตำแหน่งจ่ายไฟฟ้าจากระบบแหล่งจ่ายไฟสำรองได้ โดยจะมีการสั่งงานดังนี้

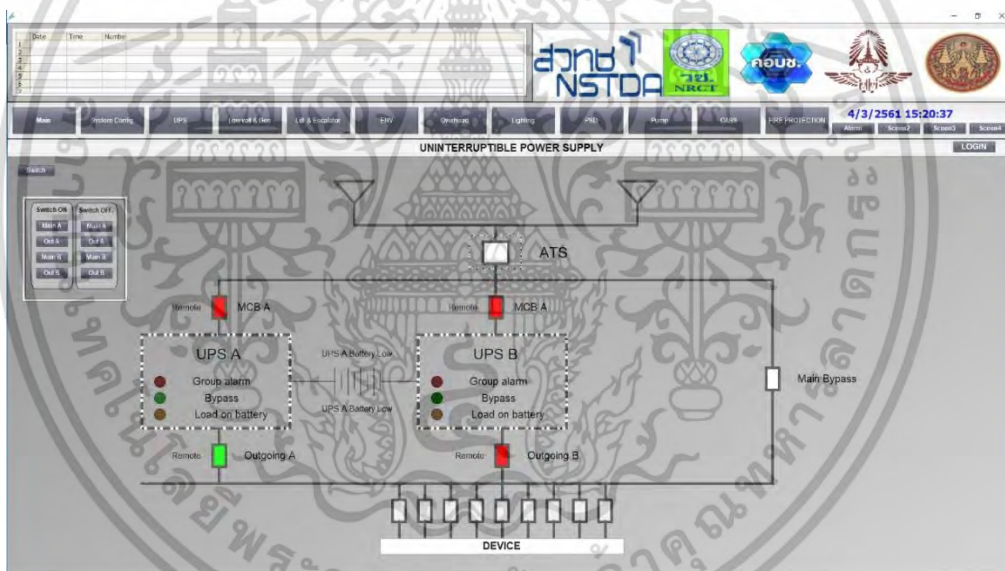
- UPS A Main Circuit Breaker มีหน้าที่จ่ายไฟเข้าให้กับ UPS A ซึ่ง UPS A จะจ่ายไฟขาออกให้กับ UPS A Outgoing Disconnecter Switch เพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานีรถไฟ
- UPS B Main Circuit Breaker มีหน้าที่จ่ายไฟเข้าให้กับ UPS B ซึ่ง UPS B จะจ่ายไฟขาออกให้กับ UPS B Outgoing Disconnecter Switch เพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานีรถไฟ

5.2.4.2. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมหน้าระบบแหล่งจ่ายไฟสำรอง

- กรณีไฟฟ้ามดับ จึงจะสั่งให้ UPS A และ UPS B ทำงาน จากรูปที่ 4.41 จะเห็นว่าระบบจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อ ATS เป็นวงจรปิด จะทำให้ทั้งสองแหล่งจ่ายทำงานทันที โดย UPS A Main Circuit Breaker มีหน้าที่จ่ายไฟให้กับ UPS A ซึ่ง UPS A จะจ่ายไฟส่งต่อให้กับ UPS A Outgoing Disconnecter Switch เพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานีรถไฟ ซึ่งจะสามารถสั่งการได้จากสวิทช์ที่หน้าอินเตอร์เฟซผ่านการทำงานของพอร์ต Digital Output และจำลองการทำงานเป็น Feedback กลับมาที่อินเตอร์เฟซผ่านพอร์ต Digital Input โดย UPS A Main Circuit Breaker ในสถานะปกติจะมีสถานะเป็นปิด (สีแดง) และเมื่อทำการสั่งเปิด จะมีสถานะเป็นสีเขียว แสดงดังรูปที่ 5.41 เช่นเดียวกันกับ UPS A Outgoing Disconnecter Switch เมื่อมีสถานะเป็นเปิดสวิทช์จะเป็นสีเขียวเช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 5.42



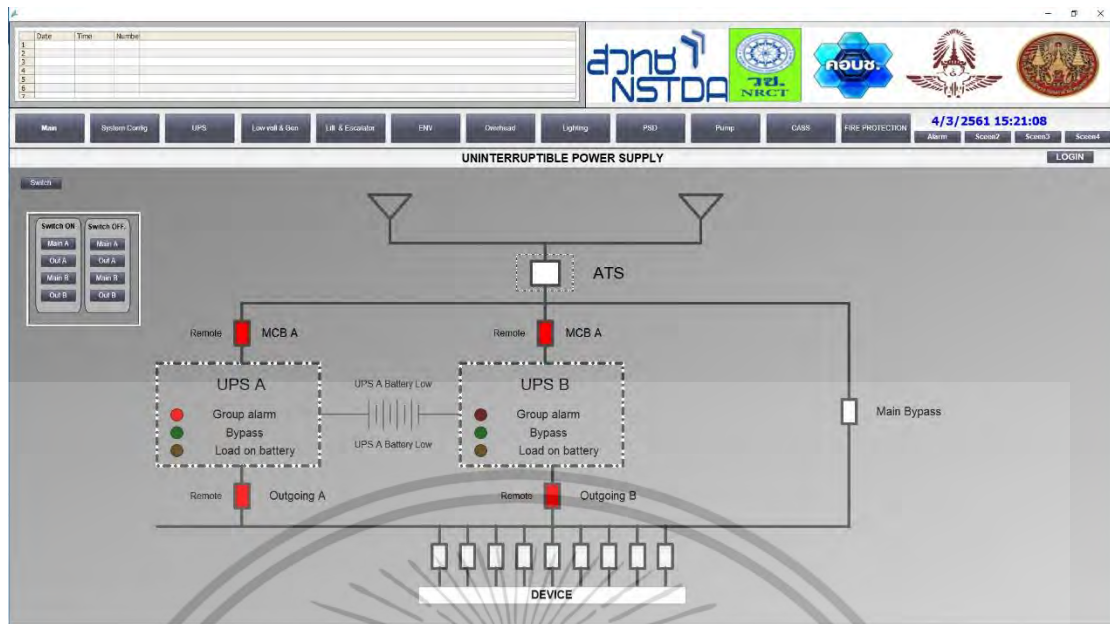
รูปที่ 5.41 UPS A Main Circuit Breaker มีสถานะสวิตช์เปิด



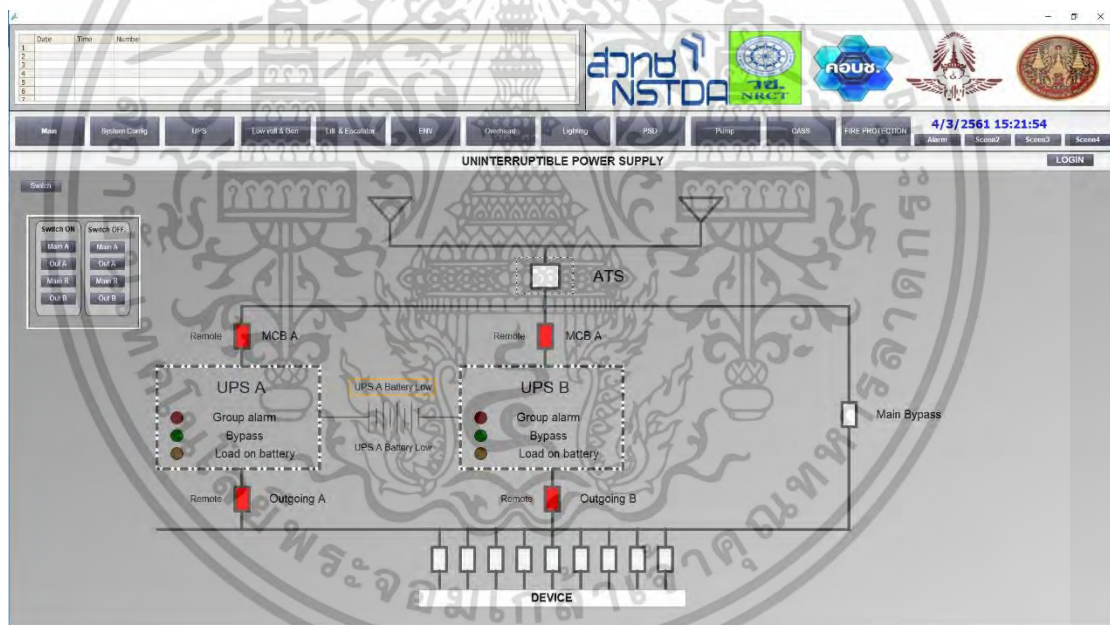
รูปที่ 5.42 UPS A Outgoing Disconnector Switch มีสถานะสวิตช์เปิด

นอกจากนี้ในส่วนของ UPS A แหล่งจ่ายไฟจะมีฟังก์ชันต่าง ๆ ดังนี้ กรณีมีความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟ (Group Alarm) แสดงดังรูปที่ 5.43 กรณีแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟใกล้หมด (Battery Low) แสดงดังรูปที่ 5.44 และกรณีใช้งานจากแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟ (Load on Battery) แสดงดังรูปที่ 5.45 และกรณีที่สวิตช์ Bypass ทำงาน แสดงดังรูปที่ 5.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

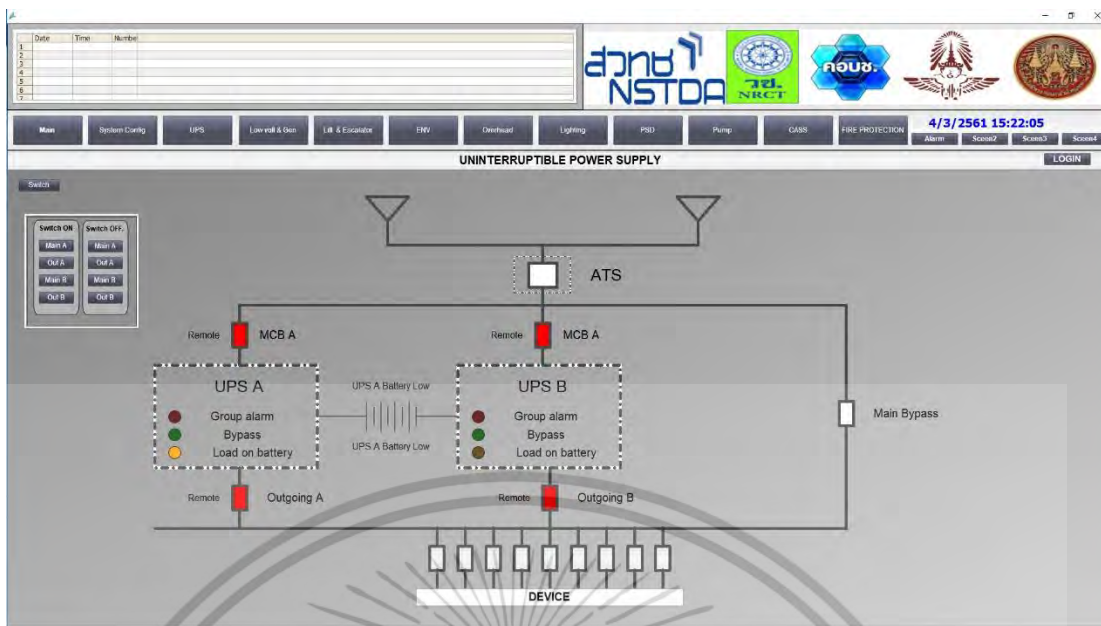


รูปที่ 5.43 UPS A มีความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟ (Group Alarm)

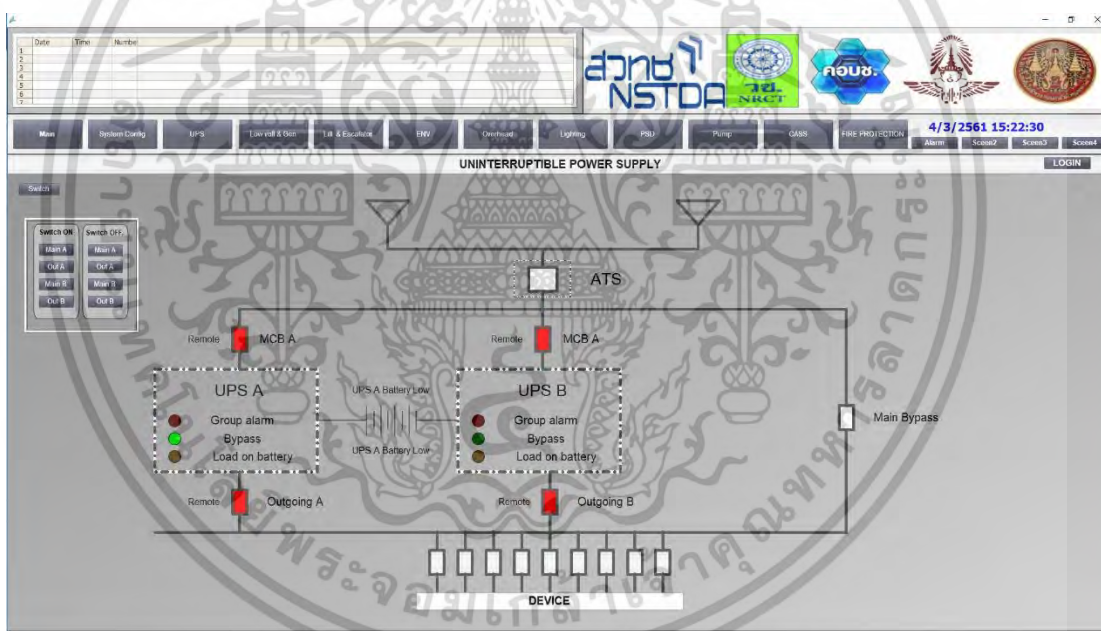


รูปที่ 5.44 UPS A กรณิแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟใกล้หมด (Battery Low)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.45 UPS A กรณีใช้งานจากแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟ (Load on Battery)

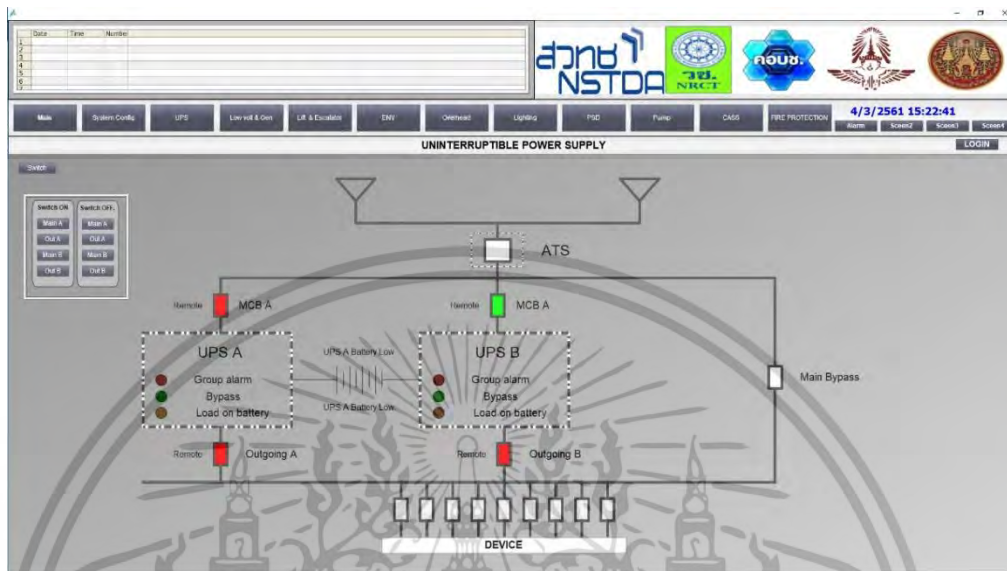


รูปที่ 5.46 UPS A กรณีมีสถานะสวิตช์ Bypass

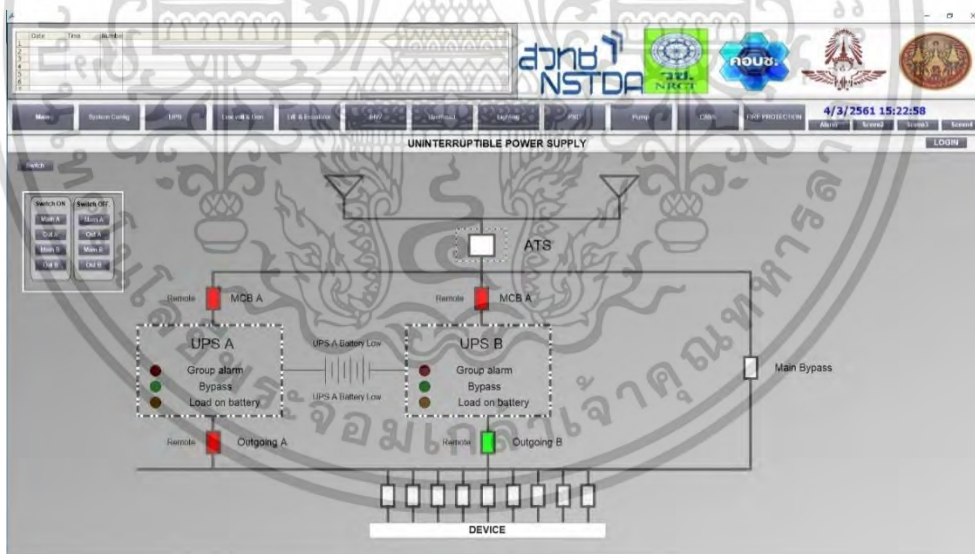
ในระบบจะเห็นว่า มี UPS ในการสำรองไฟสองตัว หากตัวใดตัวหนึ่งเสียหาย ก็สามารถใช้อีกตัวหนึ่งได้ ในกรณีที่ UPS A เสียหาย และ ต้องการให้ UPS B ทำงาน โดย UPS B Main Circuit Breaker มีหน้าที่จ่ายไฟให้กับ UPS B ซึ่ง UPS B จะจ่ายไฟส่งต่อไปให้กับ UPS B Outgoing Disconnect Switch เพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานีรถไฟ ซึ่งจะสามารถสั่งการได้จากสวิตช์ที่หน้าอินเตอร์เฟซผ่านการำงานของพอร์ต Digital Output และจำลองการทำงานเป็น Feedback กลับมาที่อินเตอร์เฟซผ่านพอร์ต Digital Input โดย UPS A Main Circuit Breaker ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะปกติจะมีสถานะเป็นปิด (สีแดง) และเมื่อทำการสั่งเปิด จะมีสถานะเป็นสีเขียว แสดงดังรูปที่ 5.47 เช่นเดียวกันกับ UPS B Outgoing Disconnecter Switch เมื่อมีสถานะเป็นเปิดสวิตช์จะเป็นสีเขียวเช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 5.48



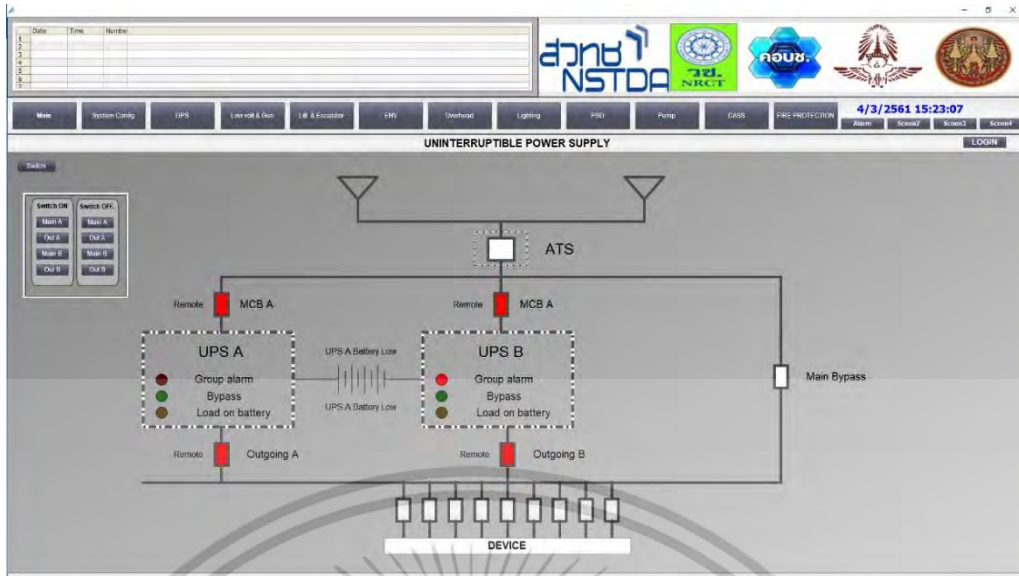
รูปที่ 5.47 UPS B Main Circuit Breaker มีสถานะสวิตช์เปิด



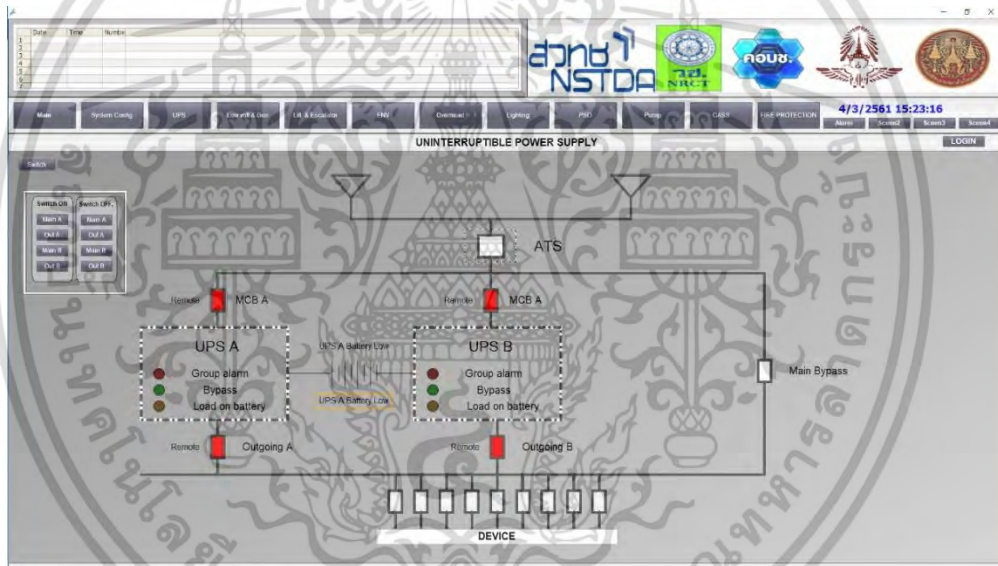
รูปที่ 5.48 UPS B Outgoing Disconnecter Switch มีสถานะสวิตช์เปิด

นอกจากนี้ในส่วนของ UPS A แหล่งจ่ายไฟจะมีฟังก์ชันต่าง ๆ ดังนี้ กรณีมีความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟ (Group Alarm) แสดงดังรูปที่ 5.49 กรณีแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟใกล้หมด (Battery Low) แสดงดังรูปที่ 5.50 และกรณีใช้งานจากแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟ (Load on Battery) แสดงดังรูปที่ 5.51และกรณีที่สวิตช์ Bypass ทำงาน แสดงดังรูปที่ 5.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

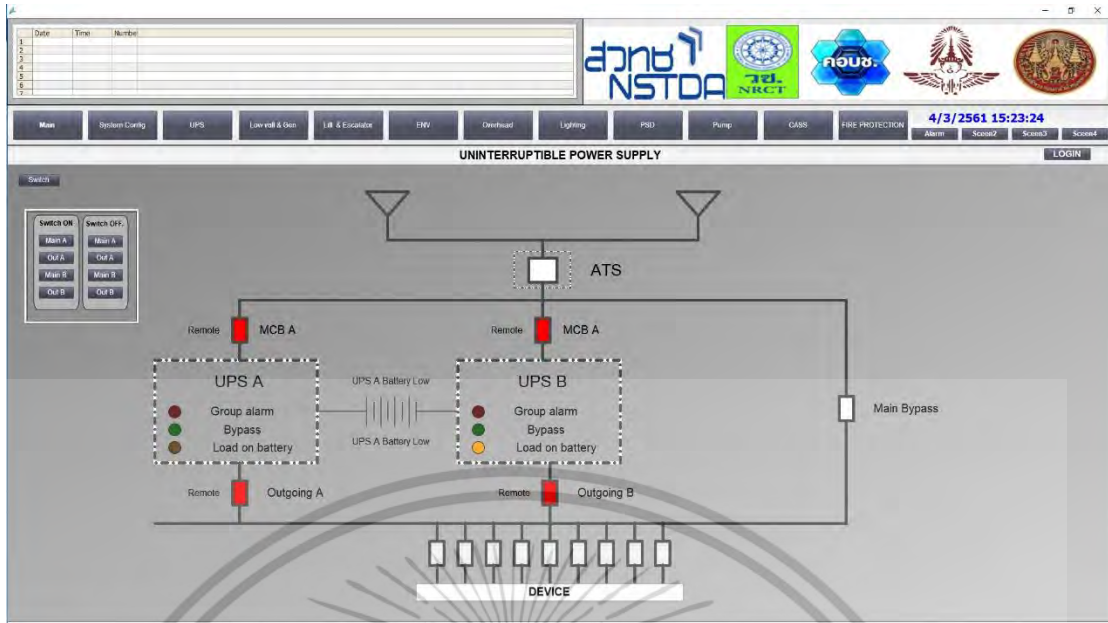


รูปที่ 5.49 UPS B มีความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟ (Group Alarm)

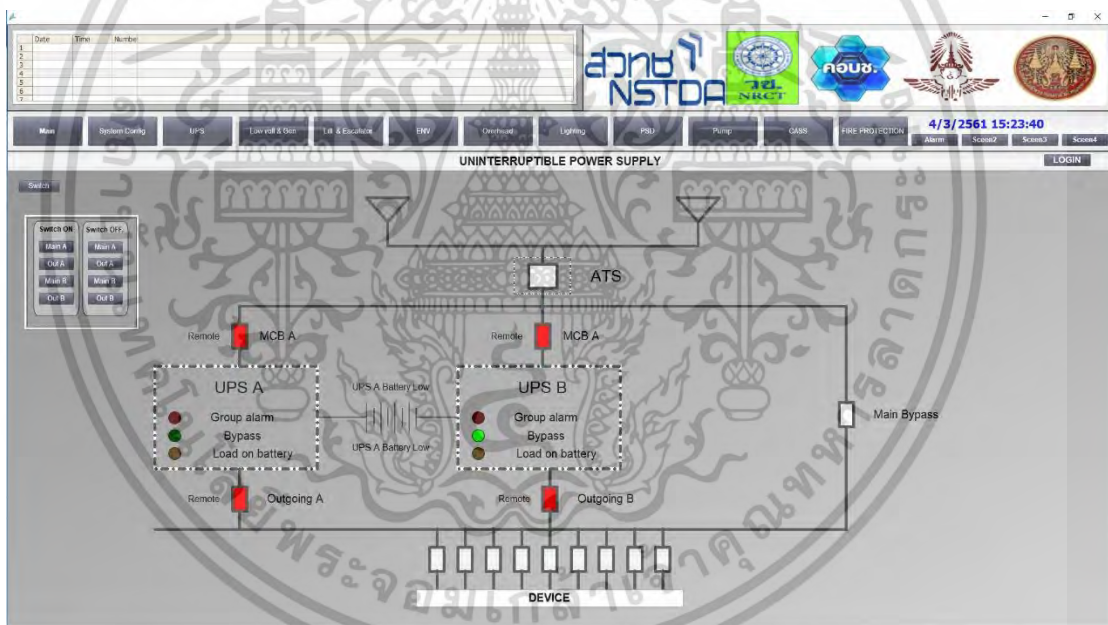


รูปที่ 5.50 UPS B กรณีสถานะแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟใกล้หมด (Battery Low)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



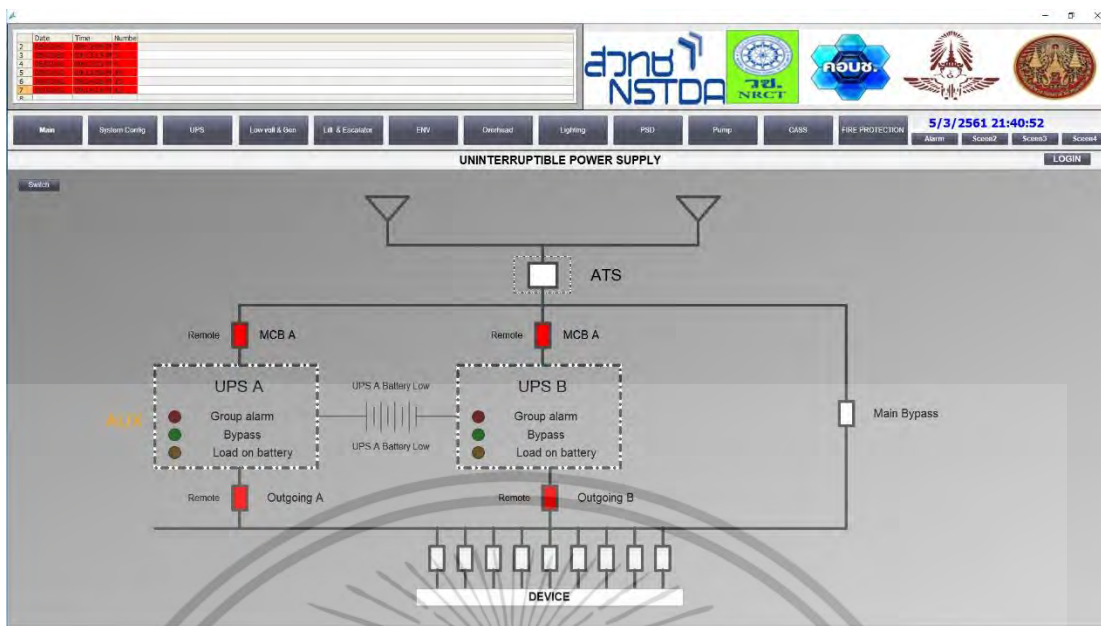
รูปที่ 5.51 UPS B กรณีใช้งานจากแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟ (Load on Battery)



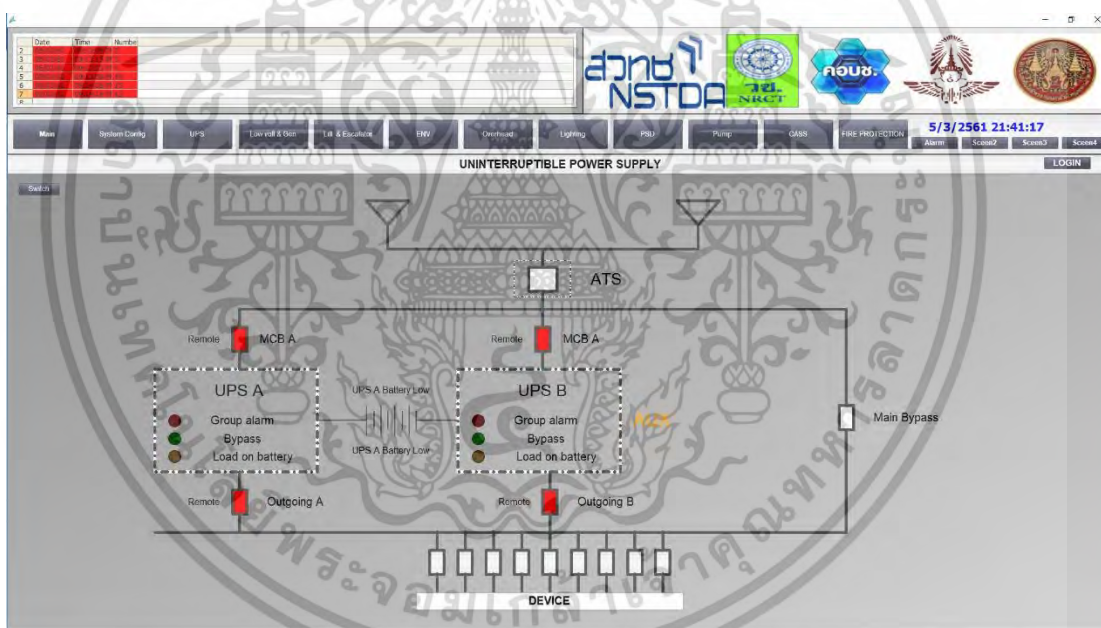
รูปที่ 5.52 UPS B กรณีมีสถานะสวิตช์ Bypass

นอกจากนี้ UPS ทั้งสองตัวสามารถใช้งานในโหมด Auxiliary Mode ได้ โดยเมื่อทำการเชื่อมต่อ Input แล้วจะแสดงเป็นคำว่า AUX ขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 5.53 สำหรับ UPS A และ รูปที่ 5.54 สำหรับ UPS B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.53 UPS B กรณีมีสถานะสวิตช์ Bypass



รูปที่ 5.54 UPS B กรณีมีสถานะ Auxiliary Mode

จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ต่างๆ จะรับกระแสไฟได้นั้น จะต้องได้รับการจ่ายไฟให้ UPS A Outgoing Disconnector Switch และ UPS B Outgoing Disconnector Switch ซึ่งจะได้รับกระแสไฟฟ้ามาจาก UPS A Main Circuit Breaker (UPS A MCB) และ UPS B Main Circuit Breaker (UPS B MCB) อีกที โดย MCB และ Outgoing Disconnector Switch ของทั้งสองแหล่งจ่ายไฟสำรอง

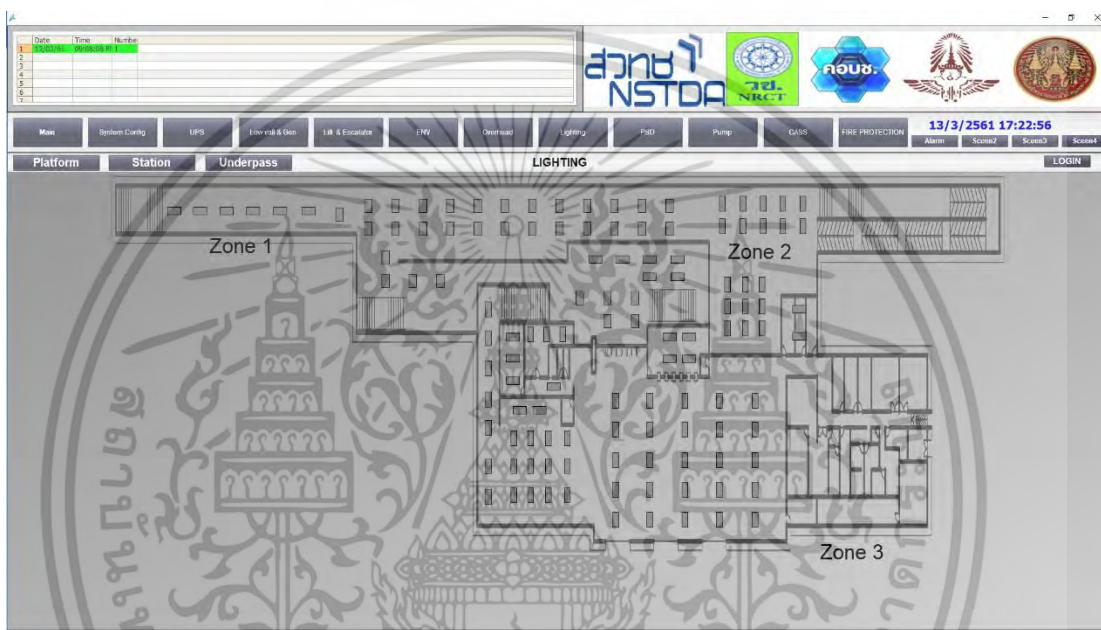
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5. การทดสอบระบบแสงสว่าง (Lighting System)

ระบบแสงสว่างภายในสถานี หรือระบบส่องสว่างของระบบรถไฟฟ้า ทำหน้าที่ให้แสงสว่างภายในห้องต่างๆ อาคารสถานี และชานชาลา

5.2.5.1. การใช้งานระบบระบบแสงสว่าง

โปรแกรมแสงสว่างจะแบ่งออกเป็น 8 โซน โดยที่จะเป็นส่วนชานชาลา 3 โซน (P1, P2, P3) ส่วนสถานี 3 โซน (S1, S2, S3) และส่วนอุโมงค์อีก 2 โซน (U1, U2) จะแสดงดังรูปที่ 5.55 ซึ่งจะแสดงการทำงานของแสงสว่างแต่ละโซน ด้วยสีที่แตกต่างกัน

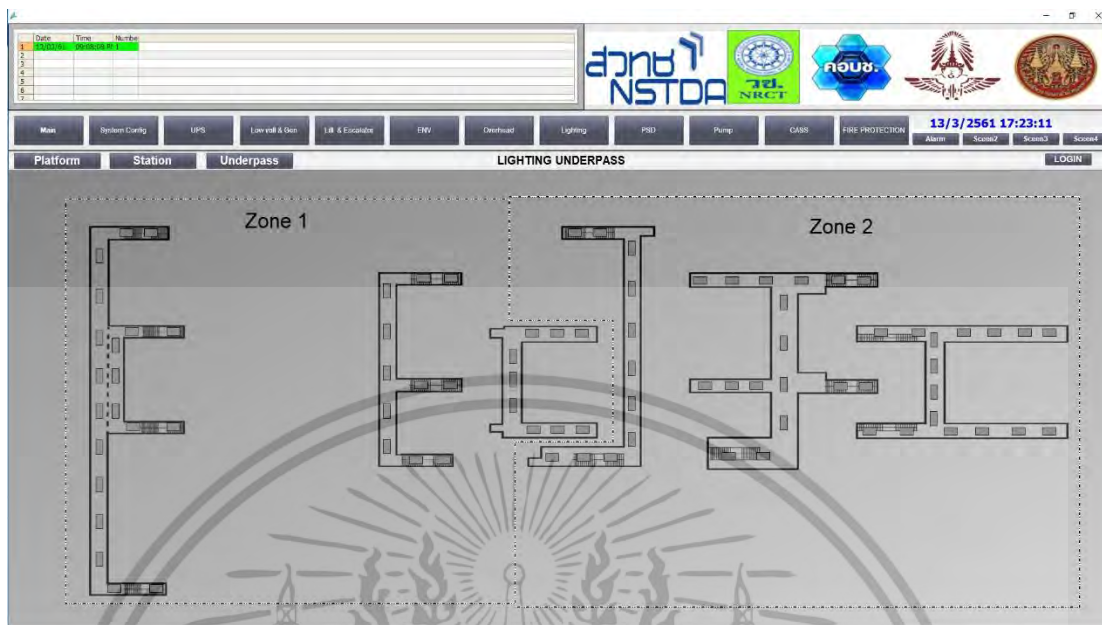


(A) ส่วนสถานี



(B) ส่วนชานชาลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(C) ส่วนอุโมงค์ทางเดิน

รูปที่ 5.55 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่าง

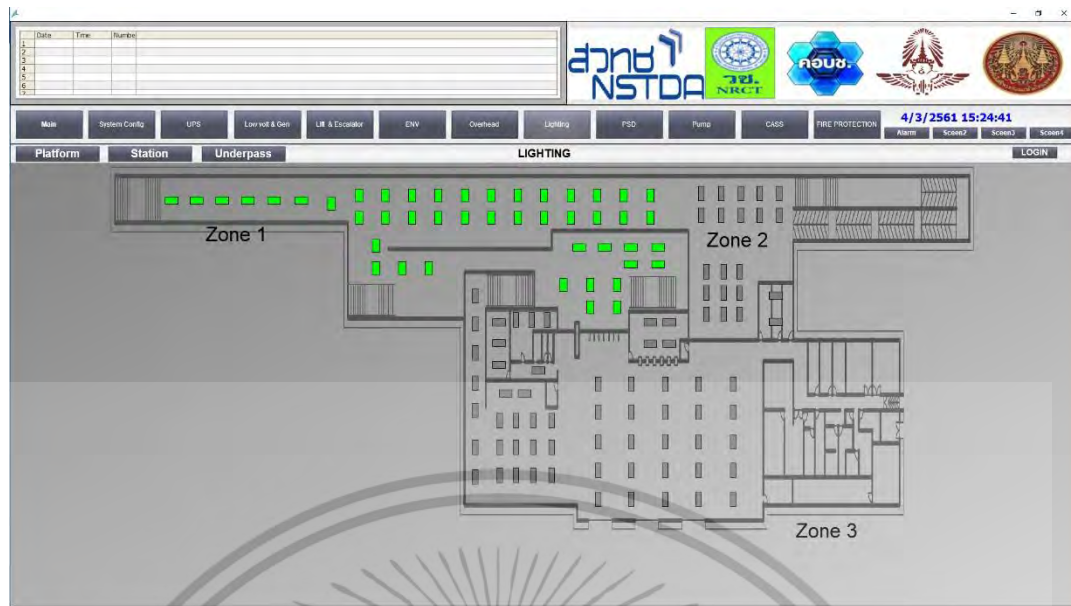
ตารางที่ 5.5 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบแสงสว่างในสถานี

No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Lighting Control				
83	Lighting Zone 1	Status	ON	DI	I11.0
84	Lighting Zone 2	Status	ON	DI	I11.1
85	Lighting Zone 3	Status	ON	DI	I11.2
86	Lighting Zone 4	Status	ON	DI	I11.3
87	Lighting Zone 5	Status	ON	DI	I11.4
88	Lighting Zone 6	Status	ON	DI	I11.5
89	Lighting Zone 7	Status	ON	DI	I11.6
90	Lighting Zone 8	Status	ON	DI	I11.7

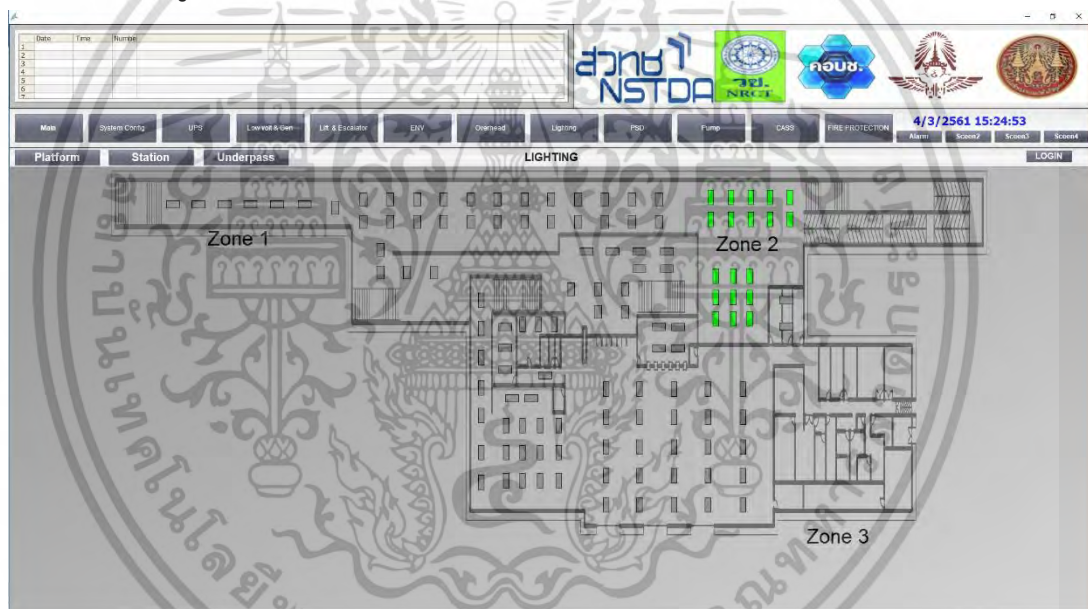
5.2.5.2. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมหน้าระบบแสงสว่าง

กรณีไฟฟ้าแสงสว่างในส่วนสถานี โซน S1 S2 และ S3 ทำงาน เมื่อไฟในโซนเหล่านี้ทำงาน จะแสดงเป็นสีเขียวที่แสดงถึงสถานะเปิดการทำงานของแสงสว่างในโซนนั้น ๆ โดยโปรแกรมจะมีหน้าต่าง (Window) แสดงดังรูปที่ 5.56 ถึงรูปที่ 5.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

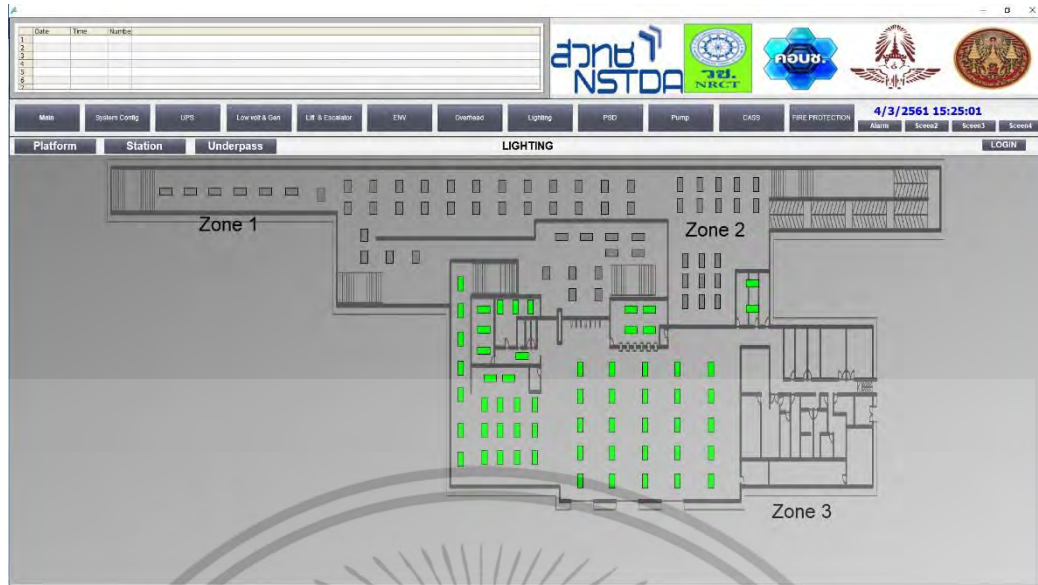


รูปที่ 5.56 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โซน S1



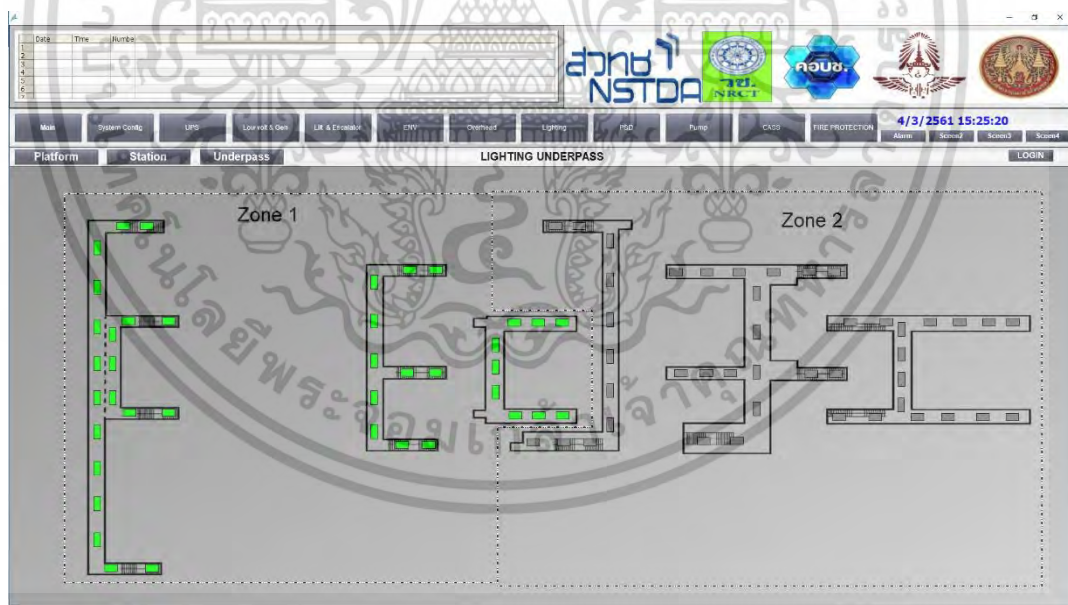
รูปที่ 5.57 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โซน S2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



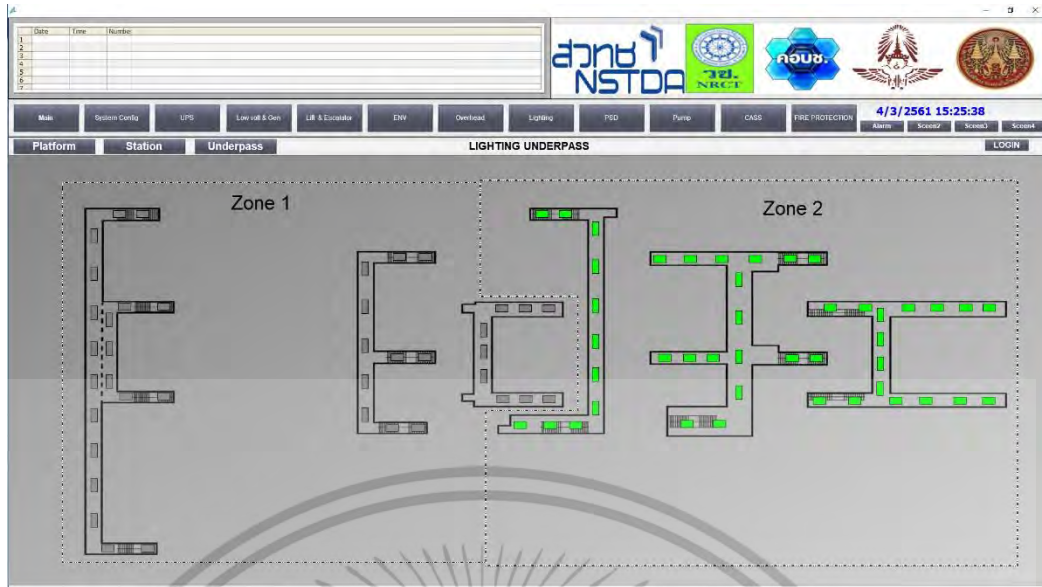
รูปที่ 5.58 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โซน S3

ลำดับถัดมาจะเป็นสถานการณ์ทำงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในโซนของอุโมงค์ทางเดิน (Underpass) โดยจะแบ่งเป็นสองโซนคือ U1 และ U2 โดยเมื่อมีสถานะไฟฟ้าสว่าง โซนนั้นจะเป็นสีเขียว แสดงดังรูปที่ 5.59 และ รูปที่ 5.60



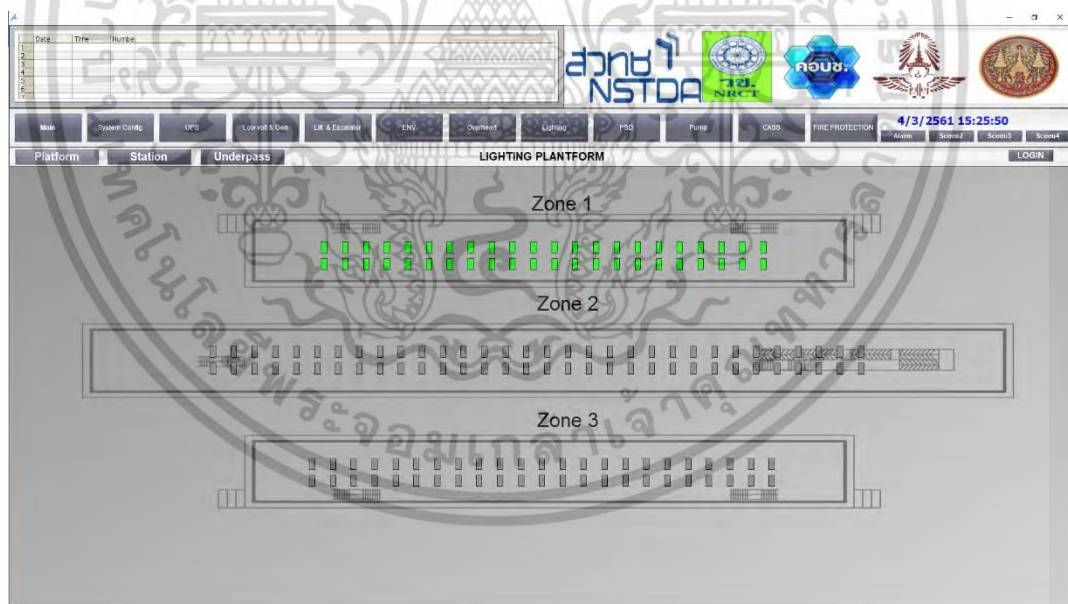
รูปที่ 5.59 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โซน U1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



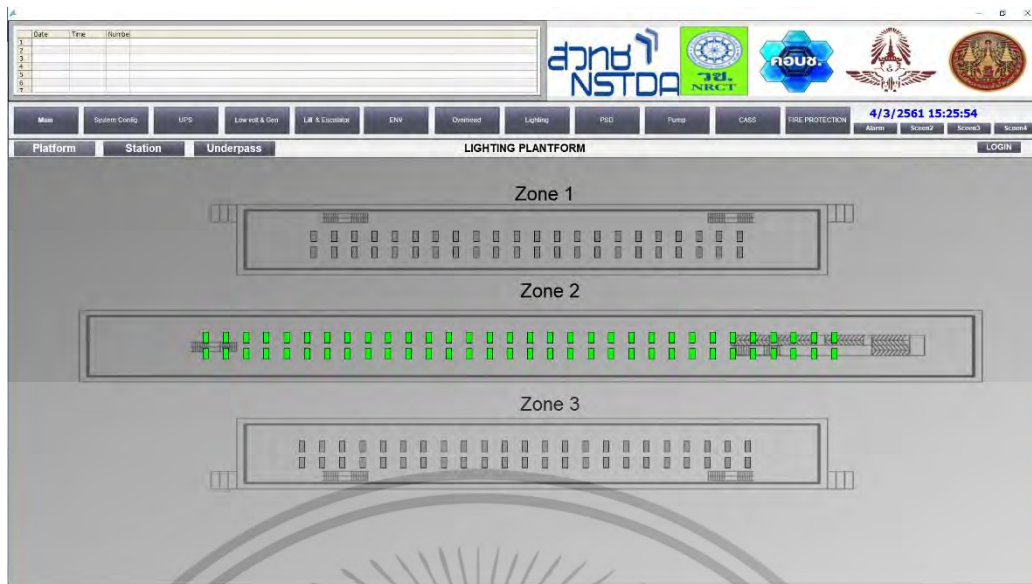
รูปที่ 5.60 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โซน U2

ถัดมาจะเป็นสถานการณ์ทำงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในโซนของชานชาลารถไฟโดยจะแบ่งเป็นสามโซนคือ P1 P2 และ U3 โดยเมื่อมีสถานะไฟฟ้าสว่าง โซนนั้นจะเป็นสีเขียว แสดงดังรูปที่ 5.61 รูปที่ 5.62 และ รูปที่ 5.63

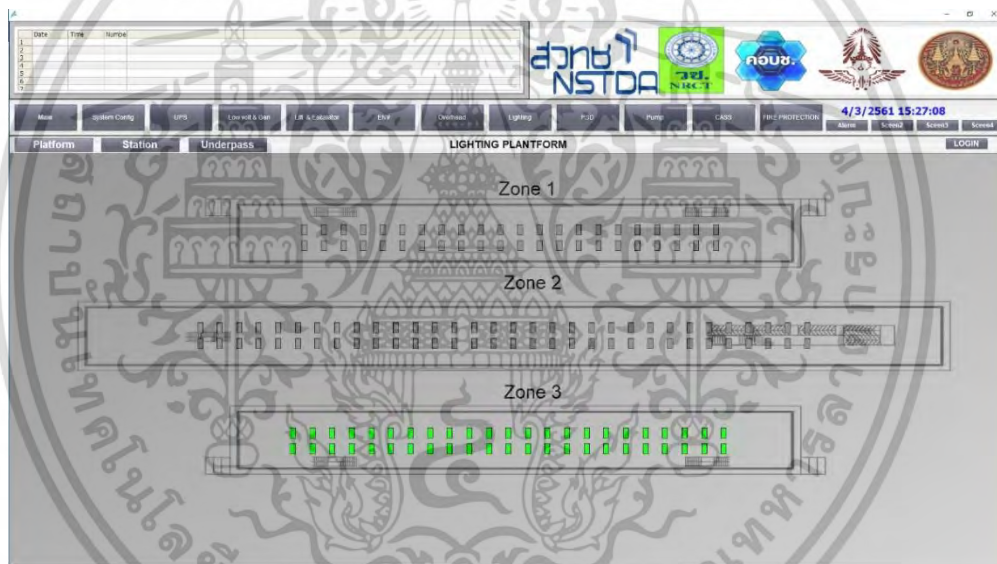


รูปที่ 5.61 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โซน P1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.62 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โซน P2



รูปที่ 5.63 การแสดงผลการทำงานของระบบแสงสว่างสถานี โซน P3

5.2.6. การทดสอบระบบรักษาความปลอดภัย (Security System)

5.2.6.1. การใช้งานของระบบรักษาความปลอดภัย

ระบบรักษาความปลอดภัย จะประกอบด้วย 2 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบกล้องวงจรปิด (CCTV) และระบบความปลอดภัยและรหัสผ่านเข้า-ออก (Controlled Access Security System: CASS) โดยจะมีอินเตอร์เฟซผู้ใช้งานดังรูปที่ 5.64 และมีการทำงานดังตาราง I/O List ตารางที่ 5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.64 การแสดงผลการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย

ตารางที่ 5.6 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบรักษาความปลอดภัย

No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Security System				
108	CCTV Group Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI	113.6
109	CASS Group Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI	113.7

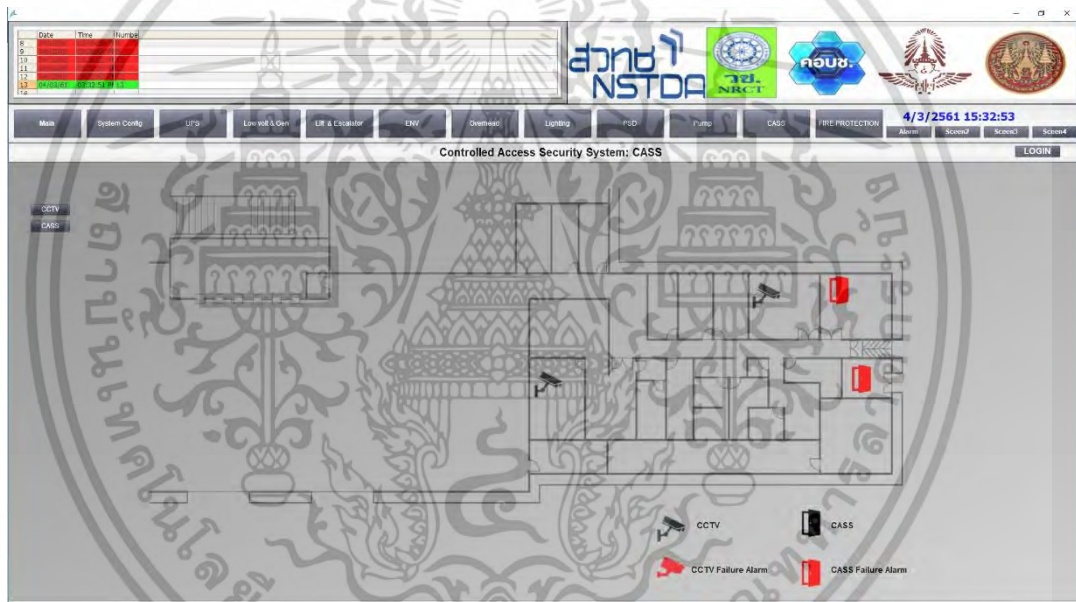
โปรแกรมจะแสดงผล 2 อุปกรณ์ ได้แก่ กล้องวงจรปิด (CCTV) และระบบความปลอดภัยและรหัสผ่านเข้า-ออก (Controlled Access Security System: CASS) ซึ่งจะอธิบายเป็นลำดับถัดไป โดยหน้าต่างของระบบรักษาความปลอดภัย หากมีความขัดข้องเกิดขึ้นจะแสดงรูปเป็นสีแดง

5.2.6.2. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมหน้าระบบรักษาความปลอดภัย

กรณี CCTV เกิดการชำรุด จากรูปที่ 4.66 จะเห็นว่าสีไอคอนรูปกล้องวงจรปิดเปลี่ยนจากสีดำเป็นสีแดง เพื่อแจ้งให้เห็นว่ามี CCTV ชำรุด และเมื่อระบบ CASS ชำรุด ก็จะมีสถานะไอคอนรูปประตูเปลี่ยนจากสีดำเป็นแดงเช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 4.67 และในกรณีทั้งสองอุปกรณ์นี้สถานะเป็น ALARM แจ้งเตือนอุปกรณ์ชำรุด จึงมีการบันทึกข้อมูลในส่วนของการแจ้งเตือนอีกด้วย แสดงดังรูปที่ 5.65



รูปที่ 5.65 การแสดงผลการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย เมื่อกล้องวงจรปิดชำรุด



รูปที่ 5.66 การแสดงผลการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัย เมื่อ CASS ชำรุด

ALARM		
Date	Time	Alarm text
31/03/17	09:36:55 PM	CCTV Ground
31/03/17	09:21:46 PM	USERT:DELL-I
31/03/17	09:21:29 PM	AM:DELL-PC/
31/03/17	09:21:27 PM	AM:DELL-PC/
31/03/17	09:21:16 PM	AM:DELL-PC/
31/03/17	09:21:11 PM	WCCRT:DELL-
31/03/17	09:21:08 PM	WCCRT:DELL-
31/03/17	09:21:06 PM	REDRT:DELL-

รูปที่ 5.67 ส่วนบันทึกการแจ้งเตือนของอุปกรณ์ เมื่อมีการชำรุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.7. การทดสอบระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน (Lift & Escalator)

5.2.8.1. การใช้งานของระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน

ระบบลิฟต์ และบันไดเลื่อน จะทำการมอนิเตอร์การทำงานลิฟต์ และบันไดเลื่อนว่ามีการทำงานเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ และมีความเสียหายหรือไม่ ถ้าเสียหายชำรุด ก็จะมีการแจ้งเตือนมา โดยอินเทอร์เฟซผู้ใช้งานแสดงดังรูปที่ 5.68 และมีการทำงานดังตาราง I/O List ตารางที่ 5.7



รูปที่ 5.68 การแสดงผลการทำงานของระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน

ตารางที่ 5.7 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน

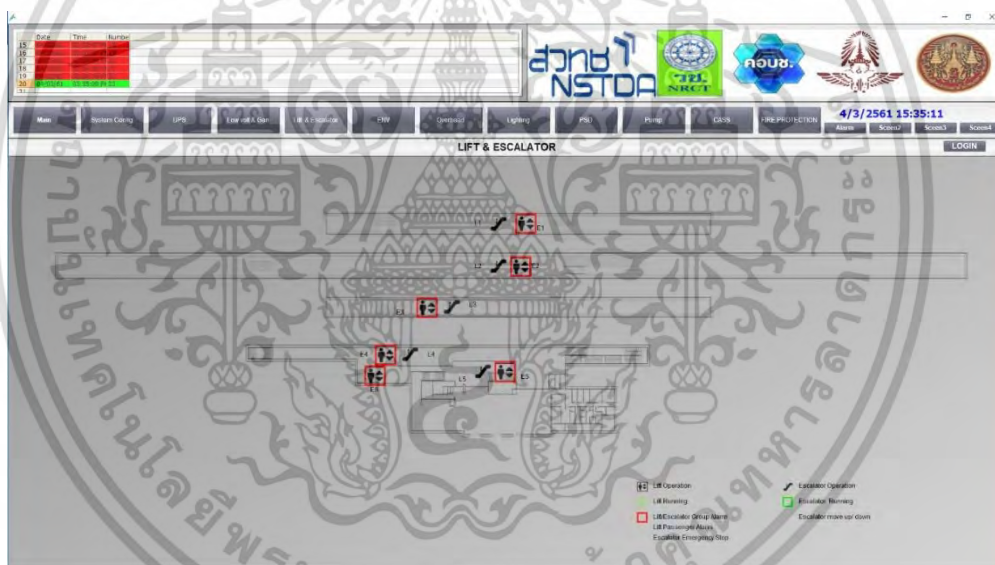
No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Lift and Escalator				
119	Lift Group alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI	I14.6
120	Lift Operation/Running	Status	Run / Stop	DI	I14.7
121	Lift Passenger Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI	I15.0
122	Escalator Group alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI	I15.1
123	Escalator Operation/Running	Status	Run / Stop	DI	I15.2
124	Escalator UP Direction	Status	Up / Stop	DI	I15.3
125	Escalator Down Status	Status	Down / Stop	DI	I15.4
126	Escalator Emergency Stop Switch Operated	Alarm	Appear / Disappear	DI	I15.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมจะแสดงผลการทำงาน 2 อุปกรณ์ ได้แก่ ลิฟต์ (Lift) และบันไดเลื่อน (Escalator) ซึ่งจะอธิบายเป็นลำดับถัดไป โดยผู้ใช้งานโปรแกรมจะเห็นการทำงานของลิฟต์และบันไดเลื่อน ทั้งหมด ในสถานี

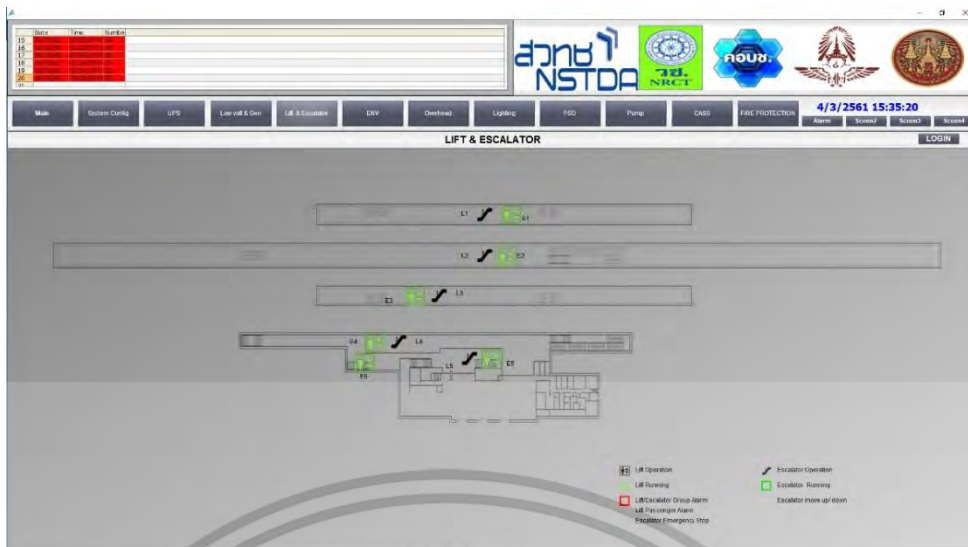
5.2.8.2. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน

การทำงานของลิฟต์ จะมีสามสถานการณ์ทำงาน โดยสามารถจำลองการทำงานโดยการเชื่อมต่อ Input 24 VDC ไปยังพอร์ต DI ตามที่กำหนดไว้ใน I/O List โดยในเริ่มต้นจากรูปที่ 4.69 แสดงให้เห็นว่าสีไอคอนของลิฟต์ในโปรแกรมค่าเริ่มต้นจะเป็นสีดำ หากมีการแจ้งเตือนว่าลิฟต์มีปัญหาซึ่งในที่นี่จะเป็น Group Alarm จะแจ้งเตือนโดยมีกรอบสีแดงแสดงขึ้นที่ลิฟต์ แสดงดังรูปที่ 5.69 และหากลิฟต์ทำงานปกติ จะมีสถานะเป็นสีเขียว แสดงดังรูปที่ 5.70 และหากมีผู้โดยสารกดปุ่ม Emergency Button ในลิฟต์ ก็จะมีการแจ้งเตือนเป็นกรอบสีแดง เช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 5.71 ซึ่งการแจ้งเตือนเหล่านี้ ก็จะแสดงใน Alarm Log ด้วยเช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 5.72

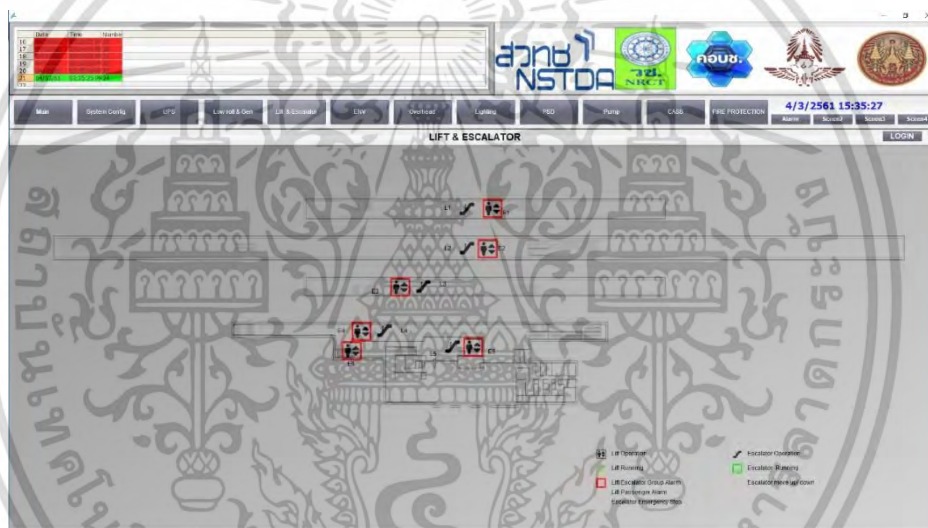


รูปที่ 5.69 การแสดงผลการทำงานของระบบลิฟต์เมื่อเกิดเหตุขัดข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.70 การแสดงผลการทำงานของระบบลิฟต์เมื่อทำงานปกติ



รูปที่ 5.71 การแสดงผลการกดปุ่ม Emergency Button โดยผู้โดยสาร

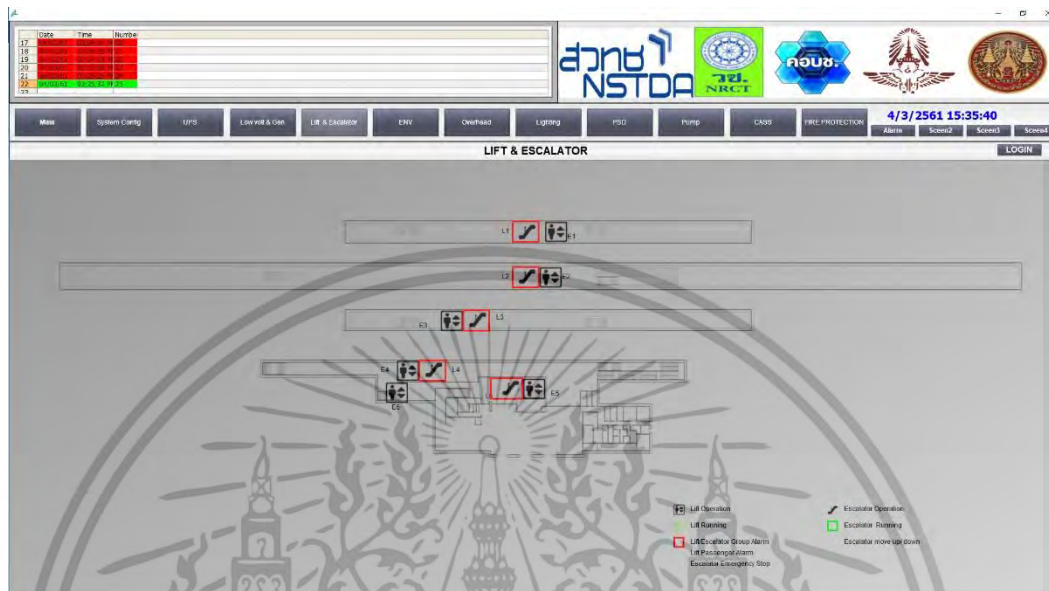
ALARM			
	Date	Time	Alarm text
1	31/03/17	09:49:34 PM	Escalator 2 Grn
2	31/03/17	09:49:20 PM	Lift 2 Passage

รูปที่ 5.72 ส่วนการแจ้งเตือนฉุกเฉินจากการทำงานของระบบลิฟต์

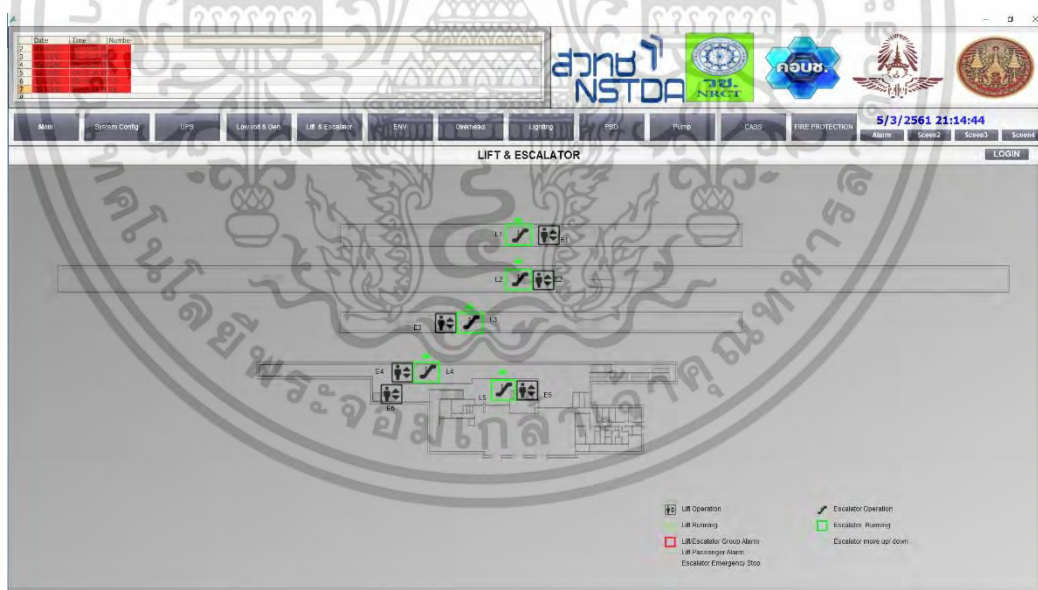
ลำดับถัดมาจะเป็นการทำงานของระบบบันไดเลื่อน จะมีสี่สถานการณ์ทำงาน โดยสามารถจำลองการทำงานโดยการเชื่อมต่อ Input 24 VDC ไปยังพอร์ต DI ตามที่กำหนดไว้ใน I/O List โดยในเริ่มต้นจากรูปที่ 5.69 แสดงให้เห็นว่าสี่ไอคอนของบันไดเลื่อนในโปรแกรมค่าเริ่มต้นจะเป็นสีดำ หากมีการแจ้งเตือนว่าลิฟต์มีปัญหาซึ่งในที่นี้จะเป็น Group Alarm จะแจ้งเตือนโดยมีกรอบสีแดงแสดงขึ้นที่บันไดเลื่อน แสดงดังรูปที่ 5.73 และหากลิฟต์ทำงานปกติ จะมีสถานะเป็นสีเขียว โดยจะแบ่งสถานะขึ้นและลง หากมีสถานะขึ้นจะมีลูกศรชี้ขึ้นด้วย โดยแสดงดังรูปที่ 5.74 และหากมีสถานะลงก็จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกศรชี้ลงโดยแสดงดังรูปที่ 5.75 และหากมีผู้โดยสารกดปุ่ม Emergency Button ก็จะมีการแจ้งเตือนเป็นกรอบสีแดง เช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 5.76 ซึ่งการแจ้งเตือนเหล่านี้ ก็จะแสดงใน Alarm Log ด้วยเช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 5.77

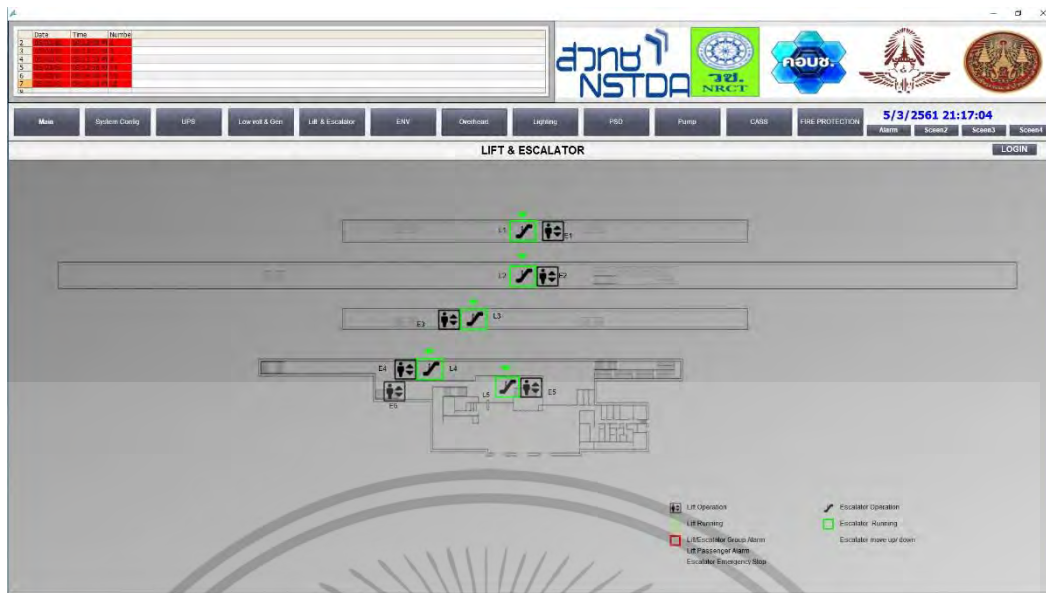


รูปที่ 5.73 การแสดงการทำงานของระบบบันไดเลื่อนเมื่อเกิดเหตุขัดข้องเตือนเป็น Group Alarm

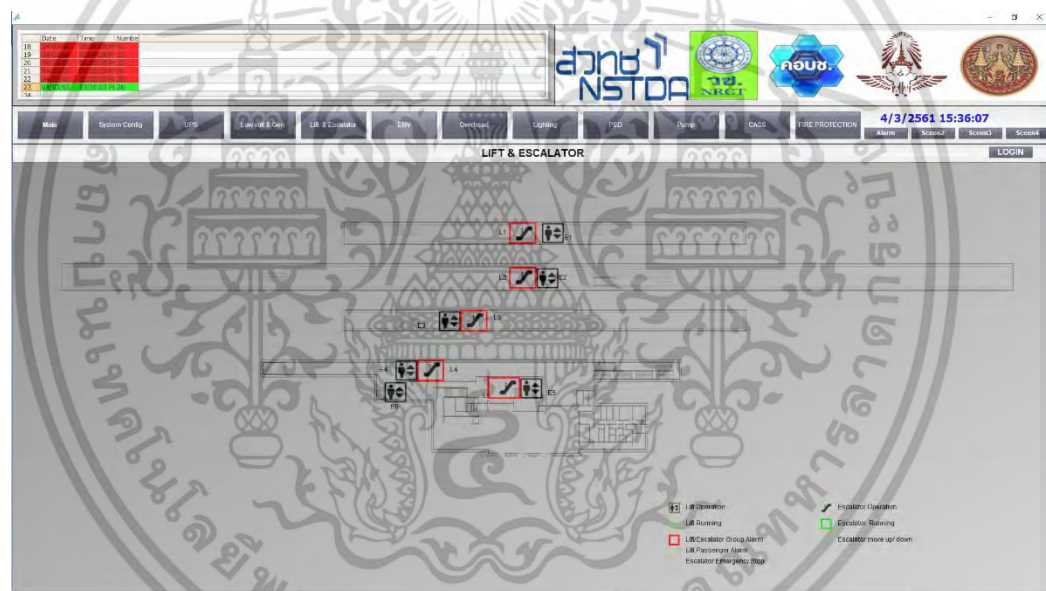


รูปที่ 5.74 การแสดงการทำงานของระบบบันไดเลื่อน เมื่อทำงานปกติและมีสถานะขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.75 การแสดงการทำงานของระบบบันไดเลื่อน เมื่อทำงานปกติและมีสถานะลง



รูปที่ 5.76 การแสดงการทำงานของระบบบันไดเลื่อนเมื่อมีผู้โดยสารกดปุ่ม Emergency Button

User	Time	State	State Value	
62	Natcha	9:38:46 PM	LIFT1 Operation	Run
63	Natcha	9:38:48 PM	Escalator1 Operation	Run
64				

รูปที่ 5.77 ส่วนแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุ Alarm ต่าง ๆ

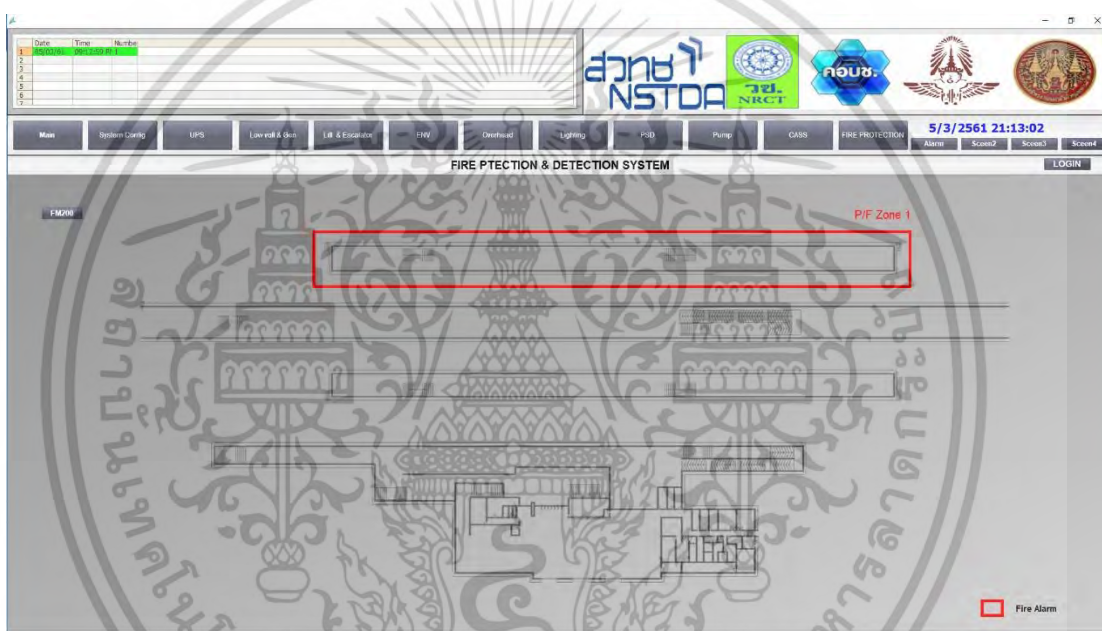
5.2.8. การทดสอบระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย (Fire Protection & Detection System)

5.2.8.1. การใช้งานของระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย

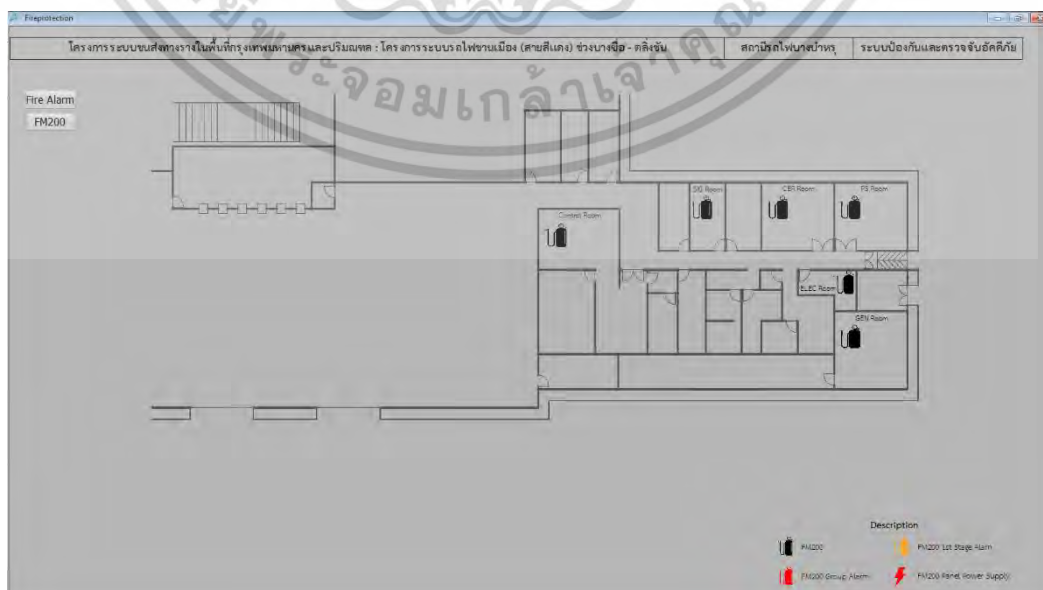
โปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแจ้งเตือนอัคคีภัย จะแบ่งพื้นที่การแจ้งเตือน ออกเป็น 3 โซน ได้แก่ โซนชานชาลา โซนสถานีและโซนห้องต่างๆ และส่วนที่ต้องใช้สารสะอาด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวันเวสให้วงบริการเชิงเทคนิคให้ทุกฝ่ายเท่านั้น เมื่อนำมาใช้เป็นระบบจะขึ้นอยู่กับราคา ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดับเพลิง (FM200) โดยส่วนนี้จะอยู่ในห้องที่มีความสำคัญต่างๆ ภายในสถานี เนื่องจาก FM200 จะไม่ทำให้อุปกรณ์ภายในห้องเกิดความเสียหาย ซึ่งจะประกอบไปด้วย 6 ห้อง ดังรูปที่ 5.78 ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถทราบการแจ้งเตือนได้จากการแสดงสถานะไฟสีแดงกระพริบของพื้นที่ที่เกิดการแจ้งเตือน และสามารถทราบการทำงานของ FM200 ได้ จากการแสดงสถานะดังนี้

1. FM200 Panel Power Supply Fail คือ การแสดงสถานะแผงจ่ายไฟให้ FM200 เกิดข้อผิดพลาด
 2. FM200 First Stage Alarm คือ การแสดงสถานะการทำงานของ FM200 ในขั้นแรก
 3. FM200 Group Alarm คือ การแสดงสถานะของ FM200 ว่าเกิดความผิดปกติ
- โดยการทำงานของระบบทั้งหมด จะทำงานตามตาราง I/O List ตารางที่ 5.8



(A) ส่วนการแจ้งเตือนอัคคีภัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(B) ส่วนการแจ้งเตือนของ FM200

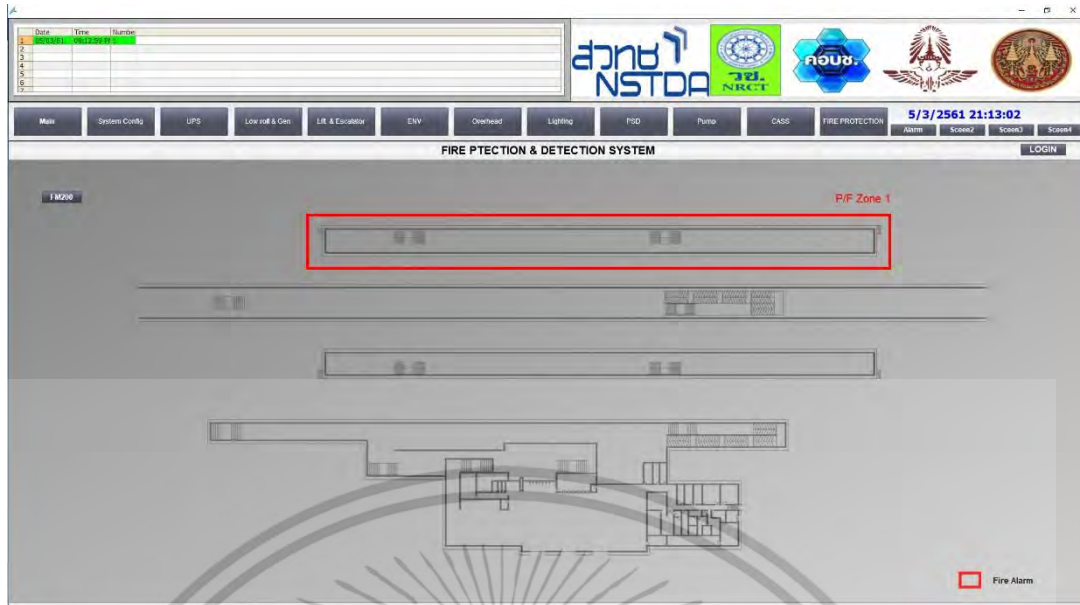
รูปที่ 5.78 หน้าโปรแกรมการทำงานของระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย

ตารางที่ 5.8 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบป้องกันอัคคีภัย

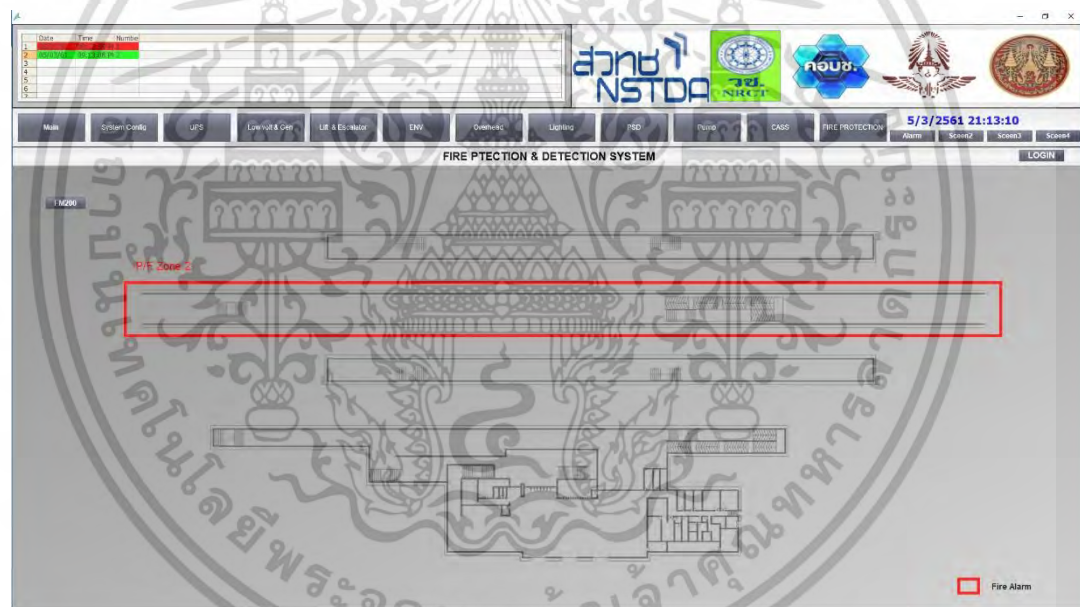
No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Fire Protection & Detection System				
91	Fire Alarm Zone P/F	Status	Fire	DI	I1.4
92	Fire Alarm Zone C/C	Status	Fire	DI	I1.5
93	Fire Alarm Zone Ground	Status	Fire	DI	I1.6
94	Fire Alarm Zone E&M room	Status	Fire	DI	I1.7
95	FM200 R1 Panel Power supply	Status	ON	DI	I2.0
96	FM200 R1 First Stage Alarm	Status	Appear / Disappear	DI	I2.1
97	FM200 R1 Group Alarm	Status	Appear / Disappear	DI	I2.2
98	FM200 R2 Panel Power supply	Status	ON	DI	I2.3
99	FM200 R2 First Stage Alarm	Status	Appear / Disappear	DI	I2.4
100	FM200 R2 Group Alarm	Status	Appear / Disappear	DI	I2.5

5.2.8.2. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย

กรณีมีการแจ้งเตือนอัคคีภัยจากโซนชานชาลา และสถานีรถไฟ จากตาราง I/O List ตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่า การแจ้งเตือนอัคคีภัยนั้น จะแบ่งออก เป็น 4 โซน โดยสามารถจำลองการเกิดอัคคีภัยในแต่ละโซนโดยการป้อน 24 VDC Input ไปยัง Digital Input ตามแท็กที่กำหนด โดยรูปที่ 5.79 ถึงรูปที่ 5.82 จะเห็นได้ว่า มีกรอบสี่เหลี่ยมสีแดงเกิดขึ้นในโซนต่าง ๆ ของสถานีรถไฟ และในกรณีนี้เป็นการแจ้งเตือนฉุกเฉินจึงมีการบันทึกข้อมูลในส่วนของการแจ้งเตือนอีกด้วย แสดงดังรูปที่ 5.83

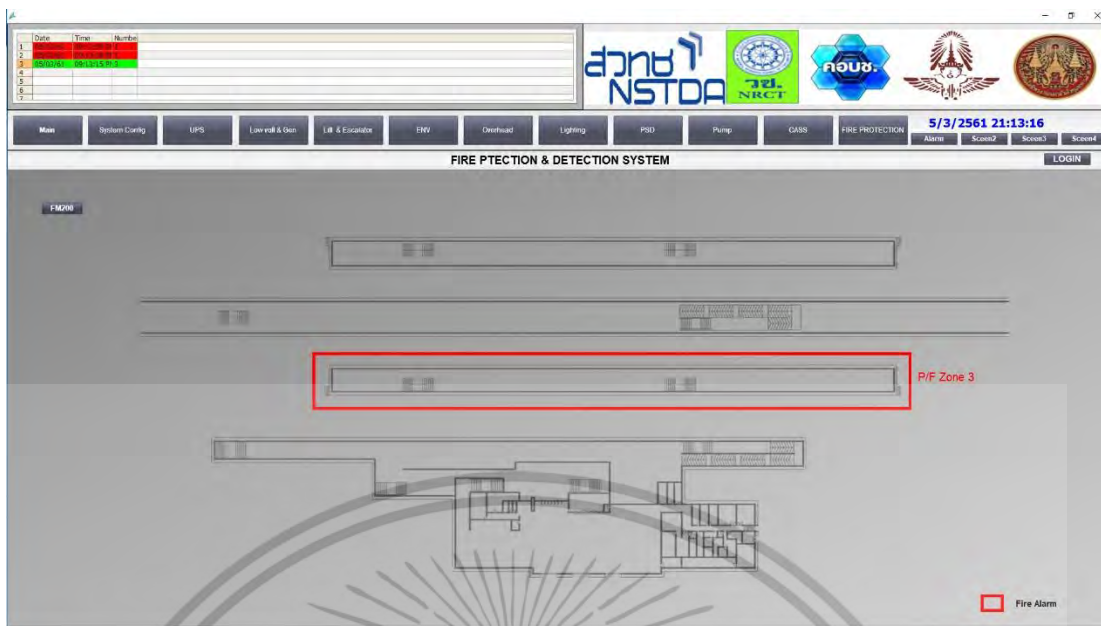


รูปที่ 5.79 ส่วนการแสดงผลการทำงานของเครื่องแจ้งเตือนไฟไหม้โซนชานชาลา 1

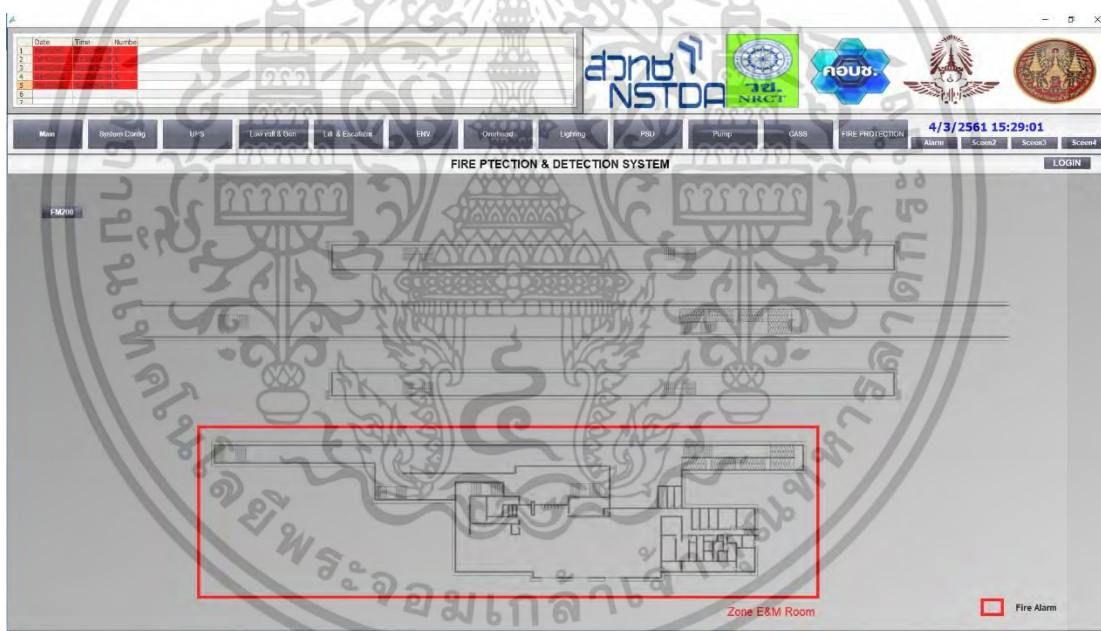


รูปที่ 5.80 ส่วนการแสดงผลการทำงานของเครื่องแจ้งเตือนไฟไหม้โซนชานชาลา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.81 ส่วนการแสดงผลการทำงานของการทำงานของการแจ้งเตือนไฟไหม้โซนชานชาลา 3



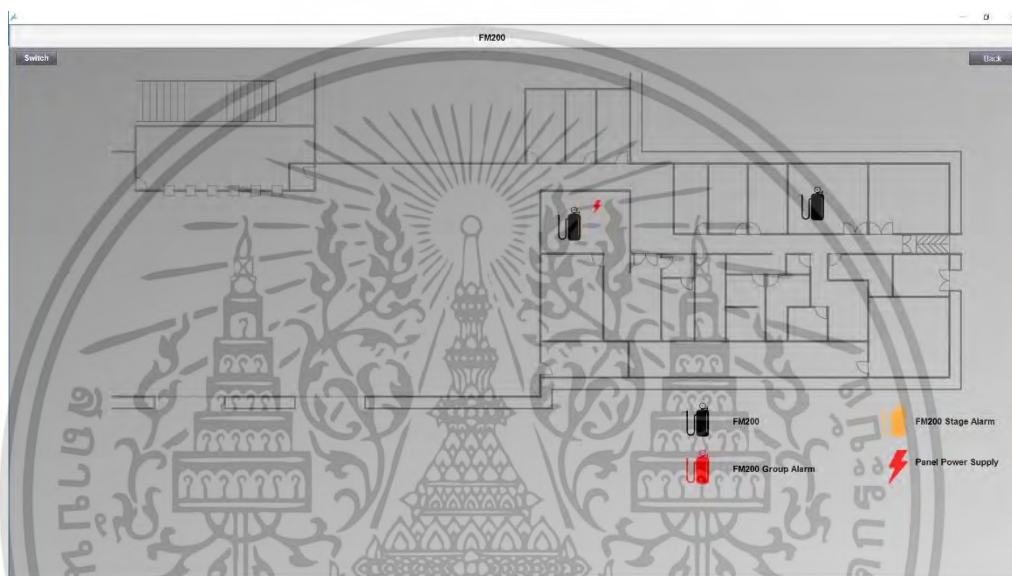
รูปที่ 5.82 ส่วนการแสดงผลการทำงานของการทำงานของการแจ้งเตือนไฟไหม้โซนห้องอุปกรณ์ และจำหน่ายตั๋ว

ALARM			
	Date	Time	Alarm text
1	31/03/17	09:47:39 PM	Fire Alarm Zo

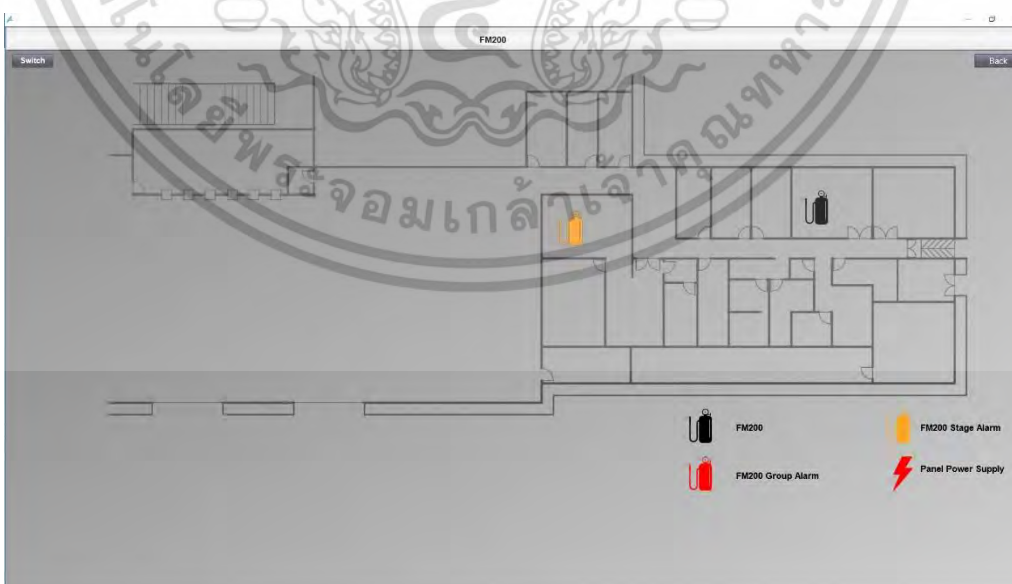
รูปที่ 5.83 ส่วนบันทึกการแจ้งเตือนฉุกเฉินของการแจ้งเตือนไฟไหม้โซนชานชาลา

กรณีแผงจ่ายไฟให้ FM200 ภายในห้องควบคุม (Control Room) เกิดข้อผิดพลาด และภายในห้องการสื่อสาร (Communication Room: CER) FM200 เกิดการทำงานในขั้นแรก อีกทั้ง FM200 ภายในห้องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Room) เกิดความผิดปกติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.84 จะเห็นได้ว่า ภายในห้องควบคุมจะแสดงเป็นรูปถังสีดำและมีรูปสายฟ้าสีแดงอยู่ข้างๆ ถัง เพื่อแจ้งให้เห็นว่าแผงจ่ายไฟให้ FM200 ภายในห้องควบคุมเกิดข้อผิดพลาด และภายในห้องควบคุมจะแสดงเป็นรูปถังสีส้ม เพื่อแจ้งให้เห็นว่า FM200 ภายในห้องควบคุมเกิดการทำงานขึ้นแรกแสดงดังรูปที่ 5.85 อีกทั้งภายในห้องควบคุมจะแสดงเป็นรูปถังสีแดง เพื่อแสดงให้เห็นว่า FM200 ภายในห้องควบคุมเกิดความผิดปกติ โดยแสดงดังรูปที่ 5.86 โดยในกรณีนี้เป็นการแจ้งเตือนฉุกเฉินจึงมีการบันทึกข้อมูลในส่วนของการแจ้งเตือน แสดงดังรูปที่ 5.90

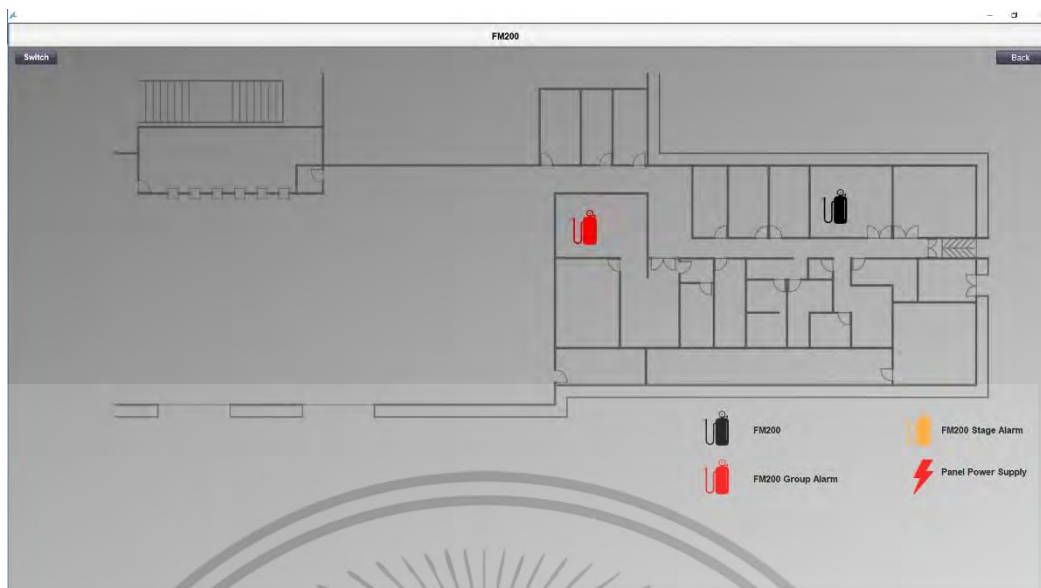


รูปที่ 5.84 แสดงสถานะแผงจ่ายไฟให้ FM200 ภายในห้องควบคุมเกิดข้อผิดพลาด



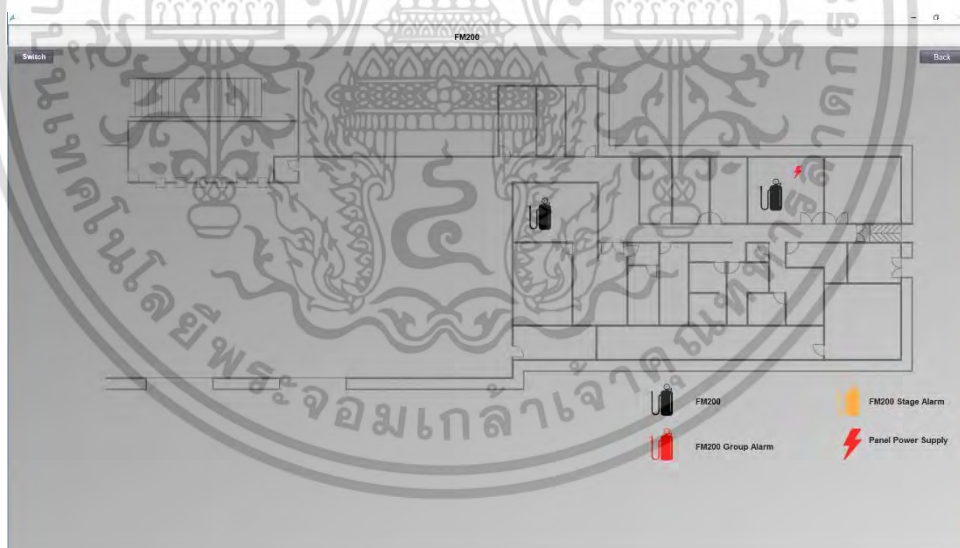
รูปที่ 5.85 แสดงสถานะ FM200 ภายในห้องควบคุมเกิดการดำเนินงานในขั้นแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



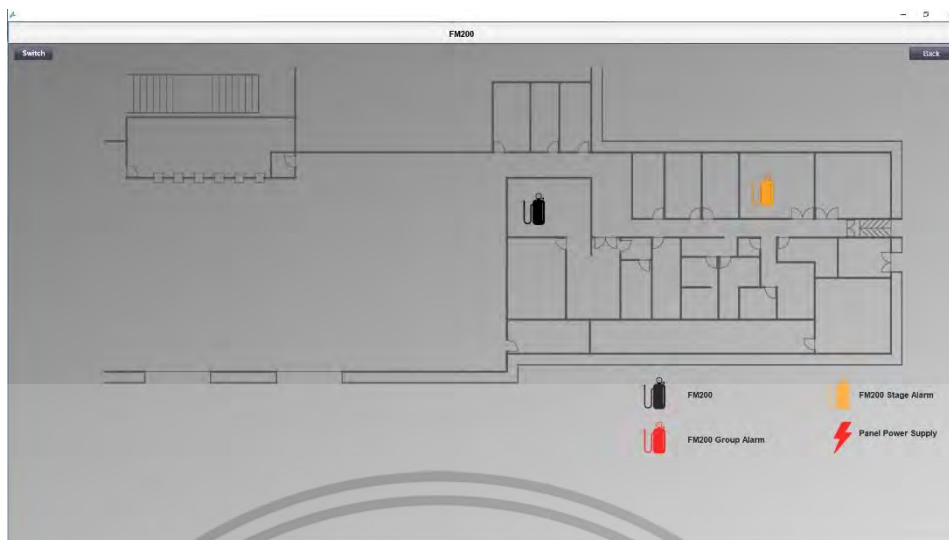
รูปที่ 5.86 แสดงสถานะ FM200 ภายในห้องควบคุมเกิดข้อผิดพลาด หรือชำรุด

ตัวอย่างในส่วนถัดมา จะเป็นการทำงานของ FM200 ของอีกห้องหนึ่งซึ่งอาจเป็นห้องสื่อสาร (หรือห้องกำเนิดไฟฟ้า) ก็ได้ โดยจากรูปที่ 5.87 ถึงรูปที่ 5.90 โดยมีลักษณะแสดงผลเช่นเดียวกับห้องควบคุมเช่นกัน

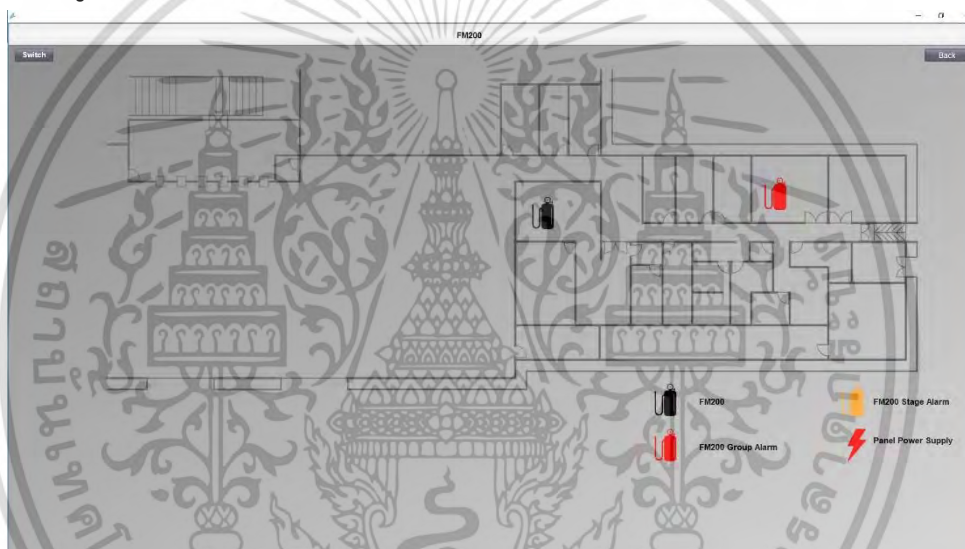


รูปที่ 5.87 แสดงสถานะแผงจ่ายไฟให้ FM200 ภายในห้องสื่อสารเกิดข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.88 แสดงสถานะ FM200 ภายในห้องสื่อสารเกิดการทำงานในขั้นแรก



รูปที่ 5.89 แสดงสถานะ FM200 ภายในห้องสื่อสารเกิดข้อผิดพลาด หรือชำรุด

ALARM			
	Date	Time	Alarm text
1	31/03/17	09:52:48 PM	FM200 Genera

รูปที่ 5.90 ส่วนบันทึกการแจ้งเตือนฉุกเฉินของ FM200 ที่เกิดความผิดปกติ

5.2.9. การทดสอบระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง (Pump & Drainage)

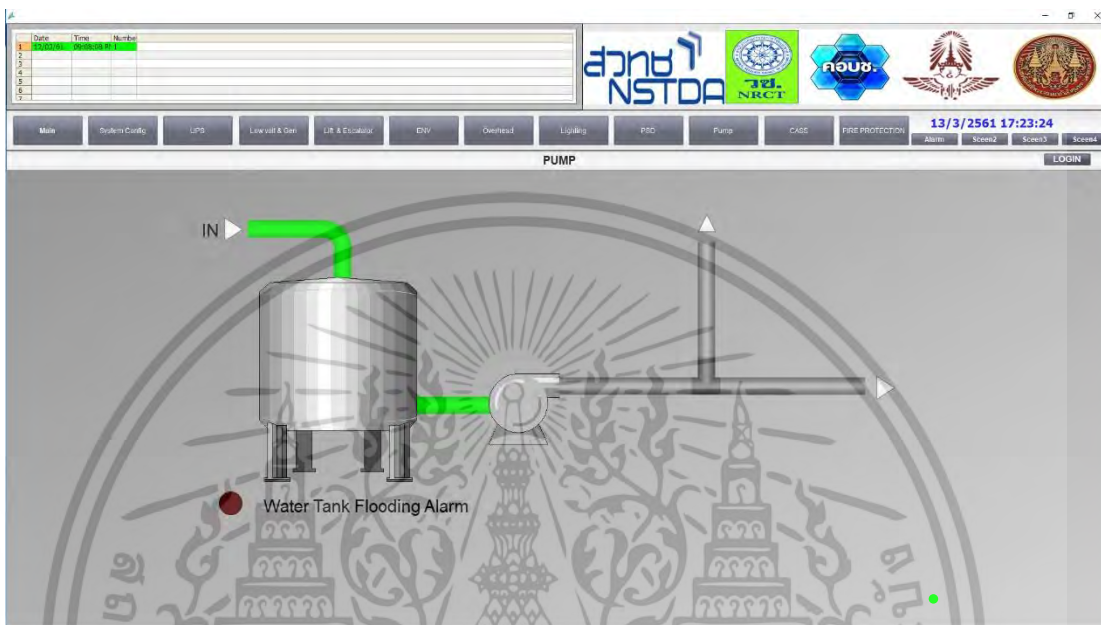
5.2.9.1. การใช้งานของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

โปรแกรมจะแสดงการแจ้งเตือน 3 ส่วน แสดงดังรูปที่ 5.91 และการทำงานแสดงดัง I/O List ในตารางที่ 5.9 โดยอธิบายดังนี้

- Pump & Drainage Power คือการแจ้งเตือนเกี่ยวกับไฟที่ส่งไปเลี้ยงยังระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Pump & Drainage Alarm คือการแจ้งเตือนเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง
- Water Tank Flooding Alarm คือการแจ้งเตือนเกี่ยวกับระดับน้ำภายในแทงก์น้ำ (Water Tank)



รูปที่ 5.91 แสดงผลการทำงานของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

ตารางที่ 5.9 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

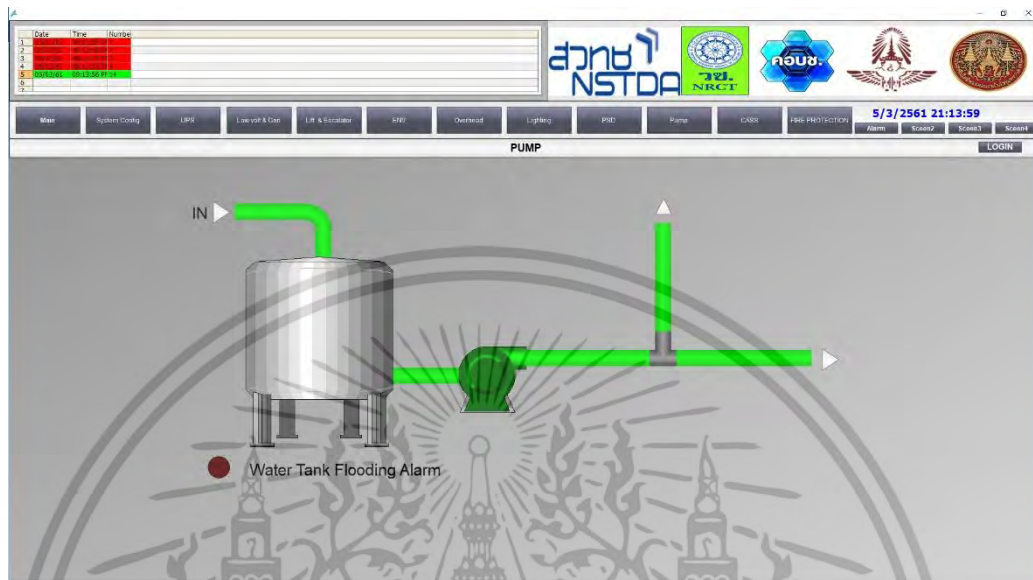
No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Pump and Drainage				
110	Pump & Drainage Power	Alarm	Appear / Disappear	DI	I3.5
111	Pump & Drainage Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI	I3.6
112	Water Tank Flooding alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI	I3.7

5.2.9.2. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง

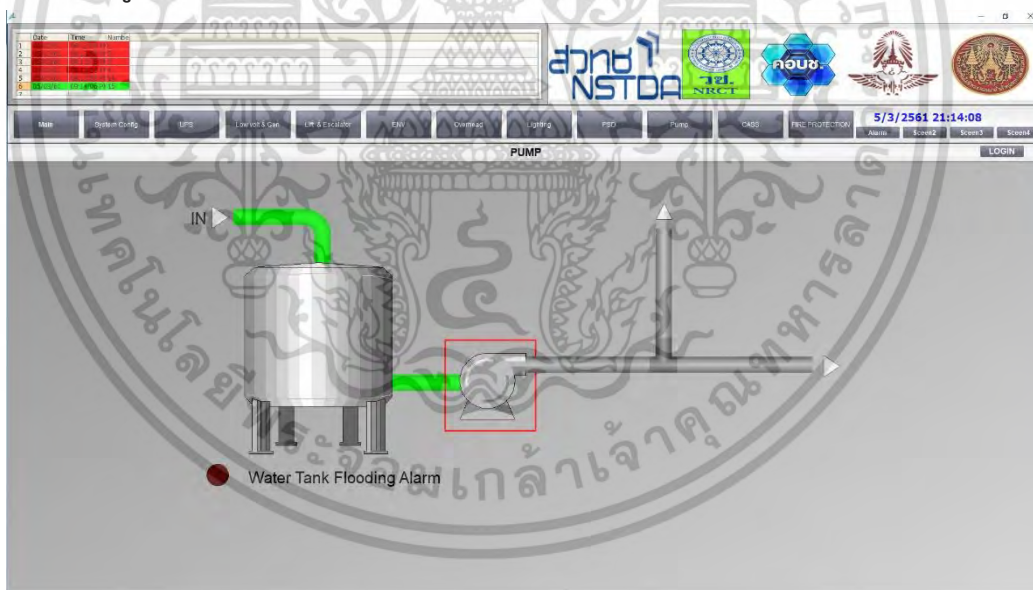
กรณีระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้งทำงาน และระดับน้ำภายในแทงก์มีน้ำเกิน ในสภาวะปกติจะเป็นดังรูปที่ 5.91 จะเห็นได้ว่า สัญลักษณ์ระบบปั้มน้ำเป็นสีเขียว และระบบน้ำทิ้งจะยังเป็นสีเทา เมื่อทำการเชื่อมต่อ Input จำลองการทำงานของระบบผ่านพอร์ต Digital Input เมื่อระบบน้ำทิ้งทำงาน จะทำให้ท่อทางขวาของปั้มน้ำเป็นสีเขียว แสดงดังรูปที่ 5.92 และเมื่อปั้มน้ำมีปัญหาหรือชำรุด จะแสดงการแจ้งเตือนเป็นกรอบสีแดงที่ปั้มน้ำ แสดงดังรูปที่ 5.93 และเมื่อของการแจ้งเตือนระดับน้ำภายในแทงก์น้ำเกิน จะมีไฟสีแดงแสดงที่หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเตอร์เฟซ Water Tank Flooding Alarm แสดงดังรูปที่ 5.94 โดยในกรณีนี้การแจ้งเตือนระดับน้ำภายในแท็งก์น้ำเป็นการแจ้งเตือนฉุกเฉินจึงมีการบันทึกข้อมูลในส่วนของการแจ้งเตือนอีกด้วย แสดงดังรูปที่ 5.95

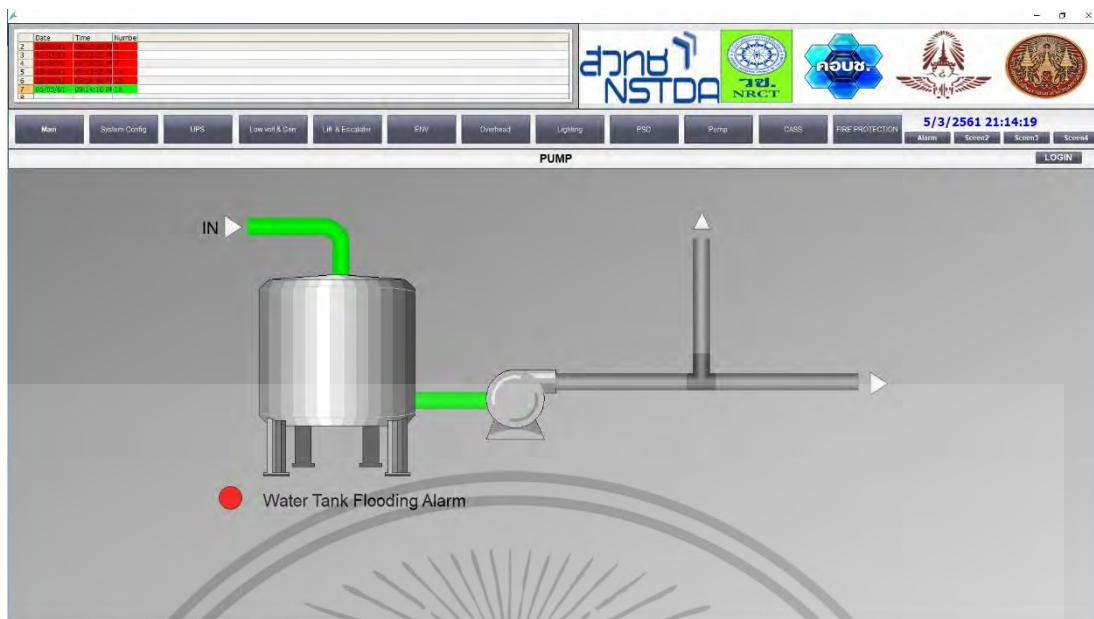


รูปที่ 5.92 การแสดงผลการทำงานของระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้งทำงาน



รูปที่ 5.93 การแสดงผลการทำงานของระบบปั้มน้ำชำรุด หรือมีปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.94 การแสดงผลการทำงานของระบบปั๊มน้ำ และน้ำที่มีระดับน้ำในแทงค์น้ำเต็ม

ALARM			
	Date	Time	Alarm text
1	31/03/17	09:53:56 PM	Water Tank Fl
2	31/03/17	09:53:55 PM	Pumps & Drain

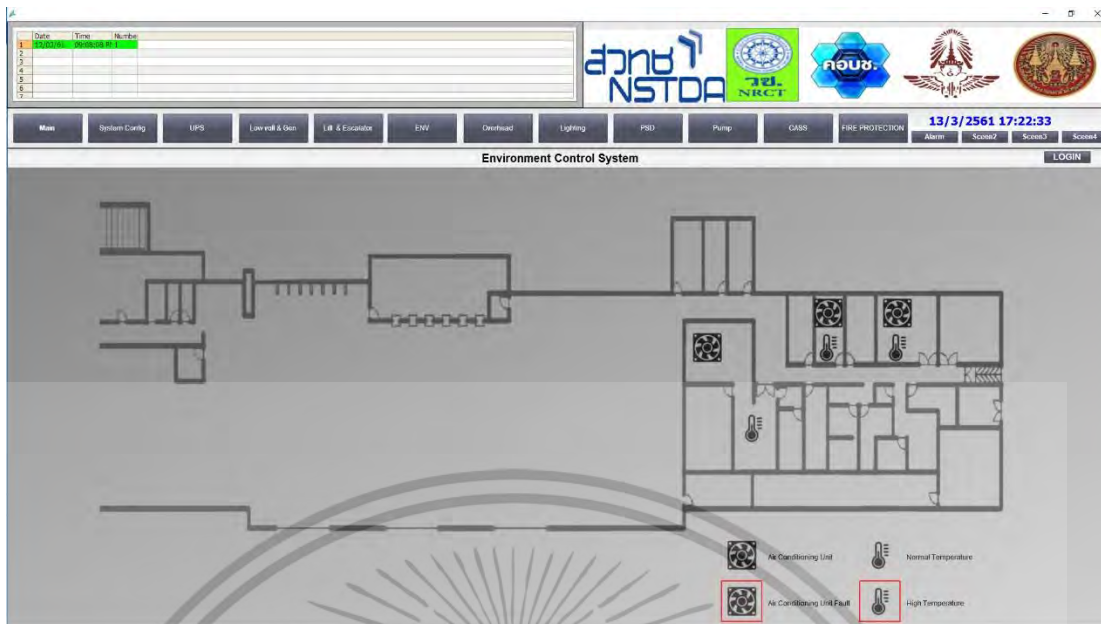
รูปที่ 5.95 ส่วนบันทึกการแจ้งเตือนฉุกเฉินของระบบปั๊มน้ำและระบบน้ำที่ทำงาน และระดับน้ำภายในแทงค์น้ำเกิน

5.2.10. การทดสอบระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม (Environment Control System)

5.2.10.1. การใช้งานของระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมจะแสดงผล 2 อุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioning Unit) และเครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature) ซึ่งจะอธิบายเป็นลำดับถัดไป โดยหน้าต่างของระบบควบคุมสิ่งแวดล้อมจะแสดงดังรูปที่ 4.97 และมีการทำงานดังตาราง I/O List ตารางที่ 5.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.96 หน้าหลักโปรแกรมของระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 5.10 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม

No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Environment Control System				
113	CER. Rm. Air con.unit fault	Alarm	Appear / Disappear	DI	114.0
114	CER. Rm. Hight Temp. Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI	114.1
115	SOR. Rm. Air con.unit fault	Alarm	Appear / Disappear	DI	114.2
116	SOR. Rm. Hight Temp. Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI	114.3
117	SIG. Rm. Air con.unit fault	Alarm	Appear / Disappear	DI	114.4
118	SIG. Rm. Hight Temp. Alarm	Alarm	Appear / Disappear	DI	114.5

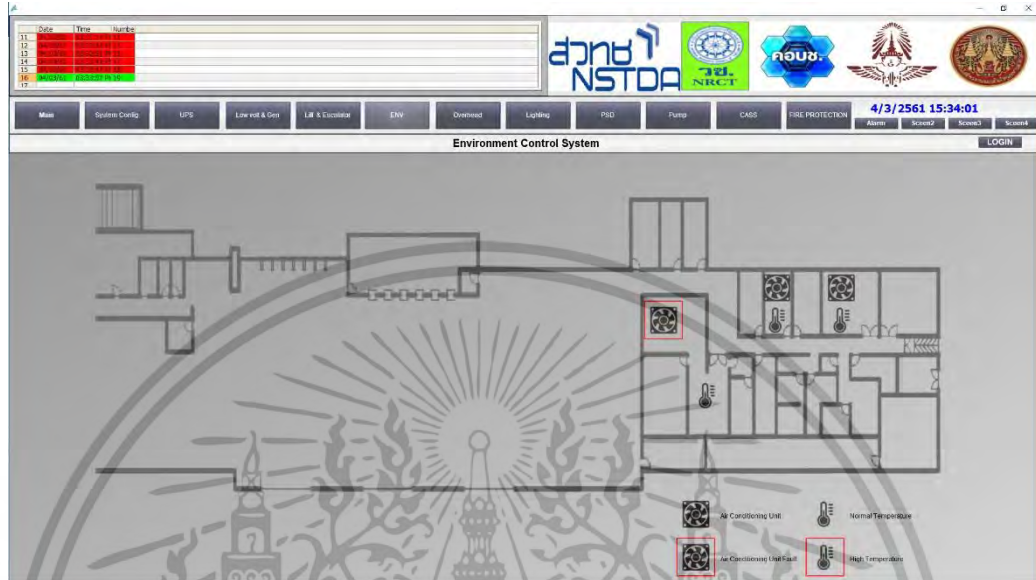
5.2.10.2. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมหน้าระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม

กรณีในห้องควบคุม (Control Room) มีอุณหภูมิที่สูงเกิน และในห้องการสื่อสารมีเครื่องปรับอากาศชำรุด

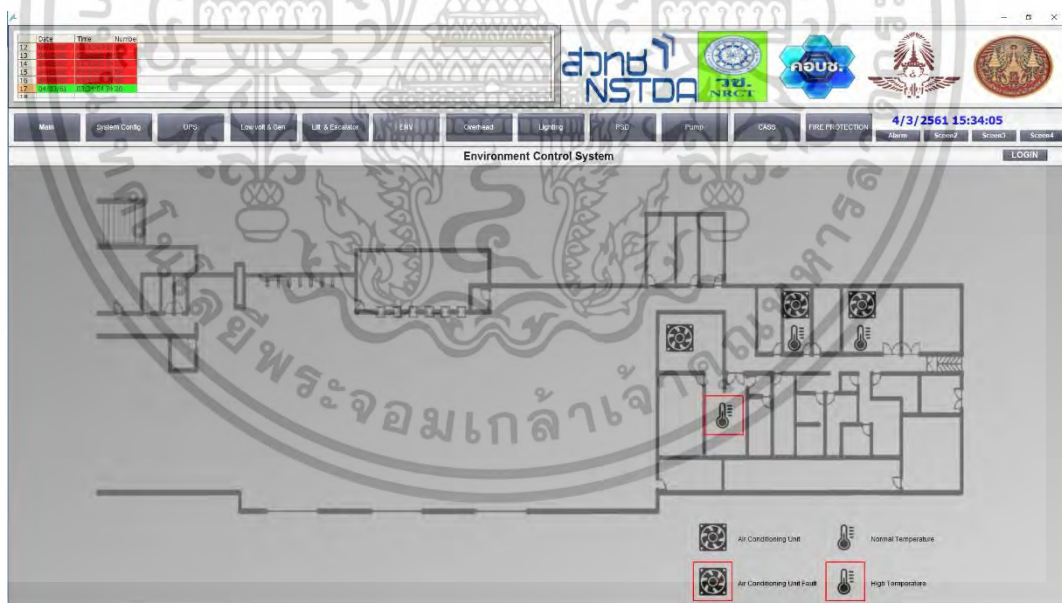
จากรูปที่ 5.96 จะเห็นว่าในสถานะปกตินั้น ไอคอนของระบบปรับอากาศ และระบบควบคุมอุณหภูมิจะเป็นสีดำ คือสถานะทำงานปกติ และเมื่อระบบใดชำรุด จะเห็นว่าสีไอคอนทั้งสองจะมีกรอบสีแดง เพื่อแจ้งให้เห็นว่ามีเครื่องปรับอากาศชำรุด หรือในห้องมีอุณหภูมิสูงเกิน โดยจะแบ่งการทำงานลักษณะนี้เช่นเดียวกัน โดยแบ่งเป็นสามห้อง ได้แก่ ห้องควบคุมกลาง ระบบปรับอากาศชำรุดแสดงดังรูปที่ 5.97 และเมื่ออุณหภูมิในห้องสูงแสดงดังรูปที่ 5.98 ถัดมาเป็นห้องสื่อสารและอาณัติสัญญาณ ระบบปรับอากาศชำรุดแสดงดังรูปที่ 5.99 และเมื่ออุณหภูมิในห้องสูงแสดงดังรูปที่ 5.100 และสุดท้าย คือห้องกำเนิดไฟฟ้า ระบบปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศชำระแสดงดังรูปที่ 5.101 และเมื่ออุณหภูมิในห้องสูงแสดงดังรูปที่ 5.102 นอกจากนี้ระบบเป็นการแจ้งเตือนฉุกเฉิน หรือ Alarm จึงมีการบันทึกข้อมูลในส่วนของการแจ้งเตือนลงใน Alarm Log อีกด้วย แสดงดังรูปที่ 5.103



รูปที่ 5.97 การแสดงผลการทำงานของห้องควบคุมที่มีระบบปรับอากาศชำระ



รูปที่ 5.98 การแสดงผลการทำงานของห้องควบคุมที่มีอุณหภูมิสูงเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

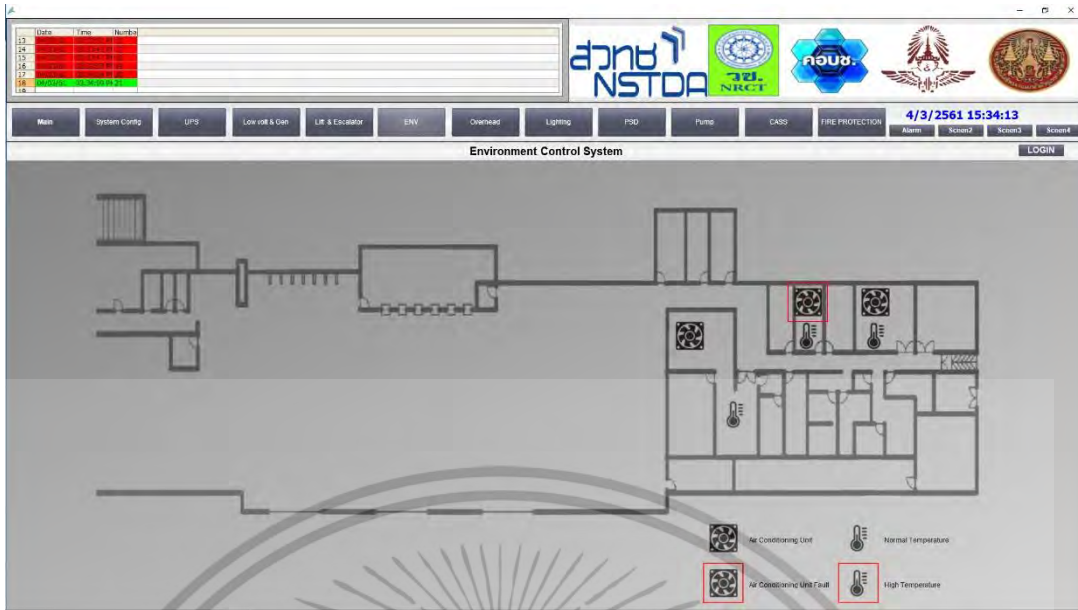


รูปที่ 5.99 การแสดงผลการทำงานของห้องสื่อสารที่มีระบบปรับอากาศอัตโนมัติ

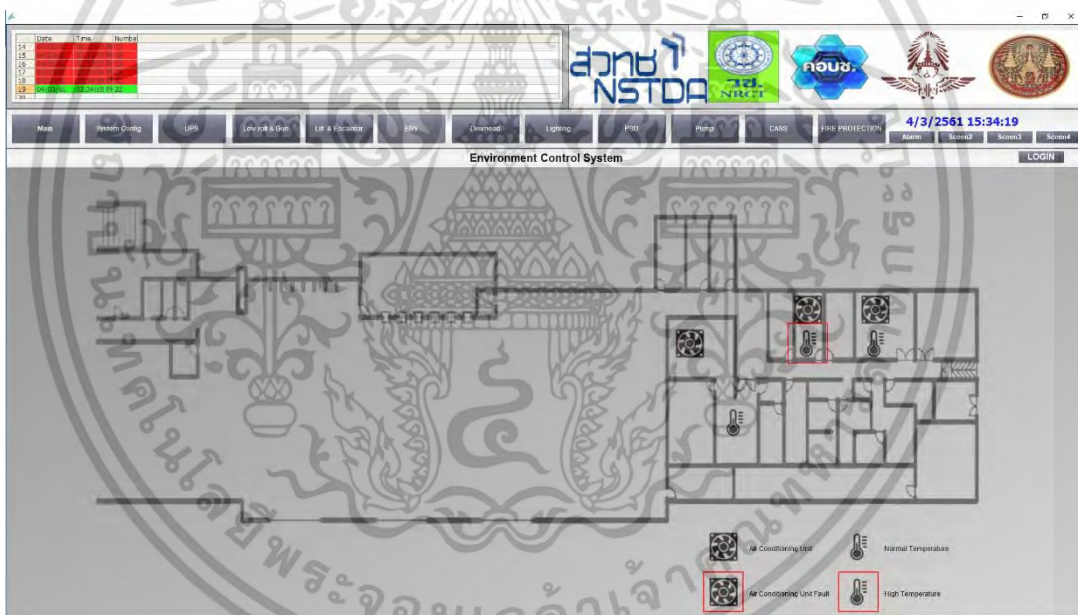


รูปที่ 5.100 การแสดงผลการทำงานของห้องสื่อสารที่มีอุณหภูมิสูงเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.101 การแสดงผลการทำงานของห้องกำเนิดไฟฟ้าที่มีระบบปรับอากาศชำรุด



รูปที่ 5.102 การแสดงผลการทำงานของห้องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอุณหภูมิสูงเกิน

ALARM			
	Date	Time	Alarm text
1	31/03/17	09:55:07 PM	CER. Room A
2	31/03/17	09:55:06 PM	SOR. Room H

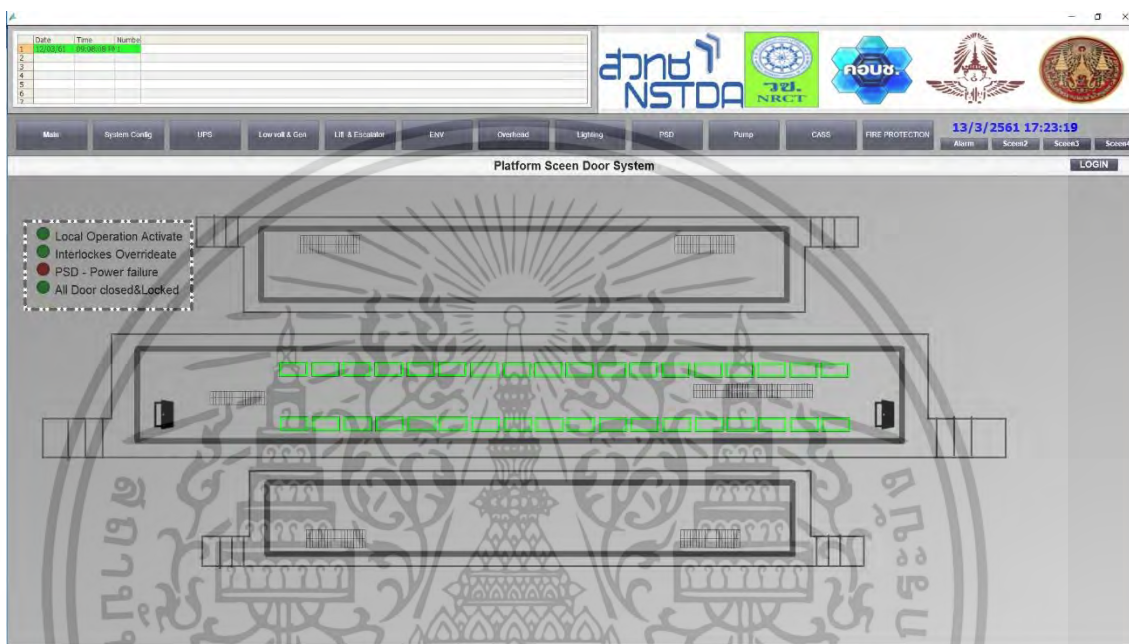
รูปที่ 5.103 ส่วนบันทึกการแจ้งเตือนฉุกเฉินของห้องควบคุมที่มีอุณหภูมิสูงเกิน และห้องการสื่อสารมีเครื่องปรับอากาศชำรุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.11. การทดสอบระบบประตูกั้นชานชาลา (Platform Screen Door System)

5.2.11.1. การใช้งานระบบประตูกั้นชานชาลา

โปรแกรมจะแสดงผล 2 อุปกรณ์ ได้แก่ ประตูกั้นชานชาลา (Platform Screen Door: PSD) และประตูชานชาลาฉุกเฉิน (Emergency Walkway Door: EWD) ซึ่งจะอธิบายเป็นลำดับถัดไป โดยหน้าต่างของระบบประตูกั้นชานชาลาจะแสดงดังรูปที่ 5.104



รูปที่ 5.104 ส่วนแสดงผลการทำงานของระบบประตูกั้นชานชาลา

ตารางที่ 5.11 รายการอินพุตและเอาต์พุตของระบบประตูกั้นชานชาลา (PSD)

No	Signal Name	State/Status	State Value	Signal Type	Tag
	Platform Screen Doors				
101	Local Operation -Activated	Activated	Appear / Disappear	DI	I2.6
102	Interlocked Override	Alarm	Appear / Disappear	DI	I2.7
103	PSD-Power failure	Failure	Appear / Disappear	DI	I3.0
104	All Door closed & Locked	Closed & Locked	Appear / Disappear	DI	I3.1
105	PSD1 Isolated	Isolated	Appear / Disappear	DI	I3.2
106	PSD1 Failure	Failure	Appear / Disappear	DI	I3.3
107	EWD Status	Open	Appear / Disappear	DI	I3.4

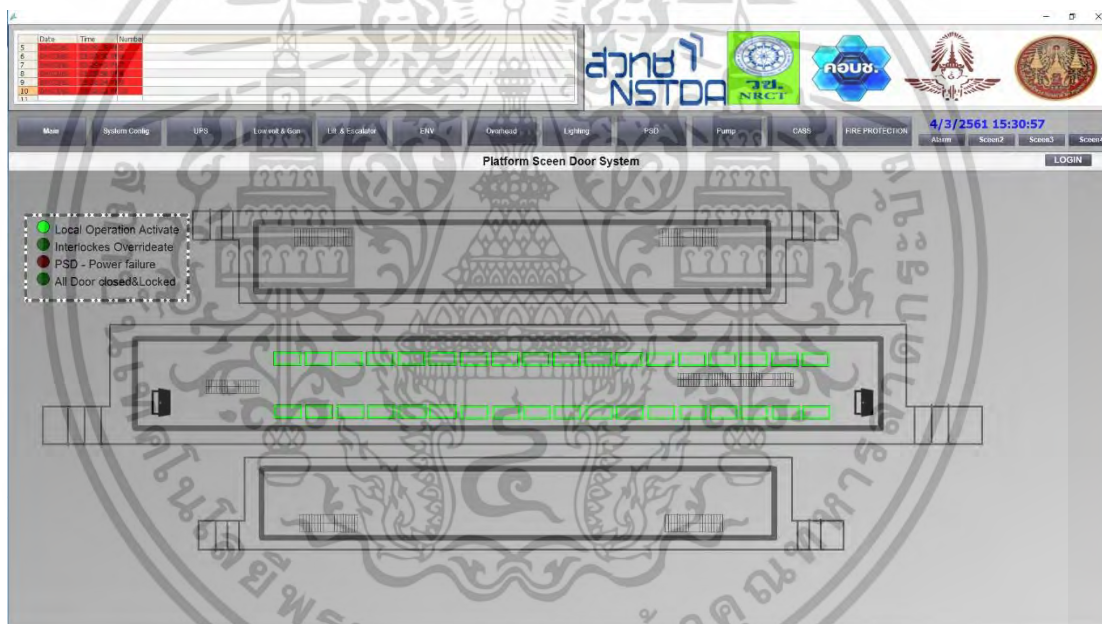
5.2.11.2. ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรมหน้าระบบประตูกั้นชานชาลา

ในการทำงานของระบบประตูกั้นชานชาลา จะมีการจำลองผ่านพอร์ต Digital Input เพื่อจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ เช่นเดียวกับระบบอื่น ๆ โดยเมื่อมีการใช้งานในสภาวะปกติจะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

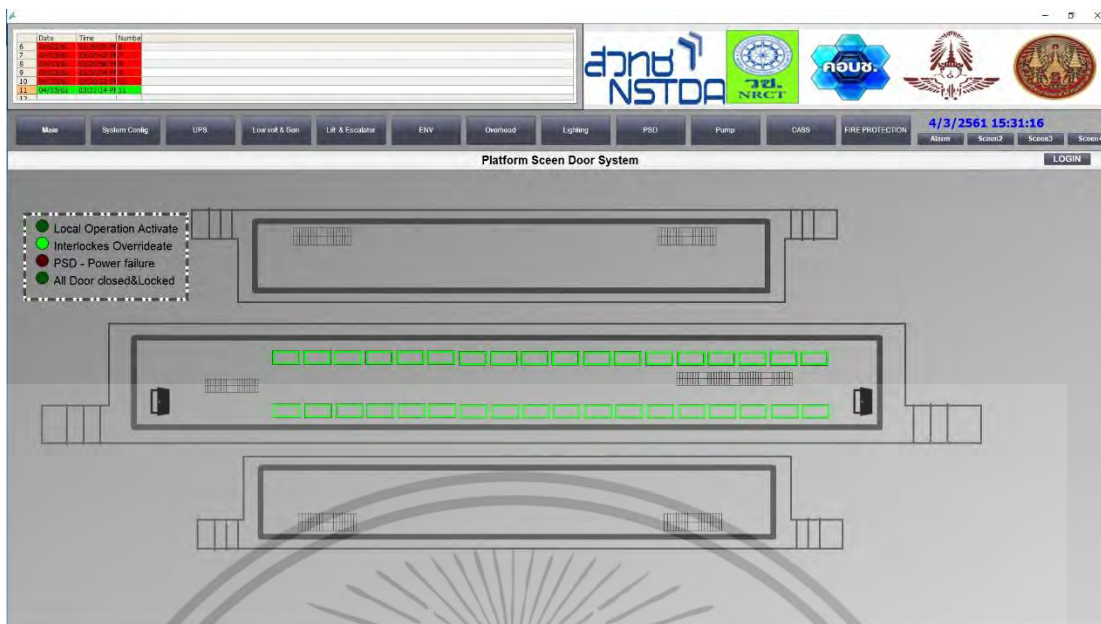
แสดงสถานะ Local Operation Activate โดยจะแสดงไฟสีเขียวขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 5.105 ต่อมาจะเป็นการทำงานเมื่ออยู่ในสภาวะ Interlocked Override แสดงดังรูปที่ 5.106 และเมื่อระบบจ่ายไฟฟ้าให้ประตูกันขานชานชลาเกิดขัดข้องหรือล้มเหลว จะแสดงไฟสีแดงที่ PSD – Power Failure โดยแสดงดังรูปที่ 5.107 และเมื่อประตูกันขานชานชลาทุกบานปิด ล็อกเรียบร้อยดี จะแสดงสถานะไฟสีเขียวที่ All Door closed & locked แสดงดังรูปที่ 5.108

กรณีประตูกันขานชานชลาทั้งสองฝั่งทำงานปกติ หากมีประตูบานใดขัดข้อง จะมีการตัดไฟเพื่อปิดการใช้งาน ซึ่งเรียกว่า Isolated จะแสดงสถานะดังรูปที่ 5.109 และหากประตูกันขานชานชลาเกิดความขัดข้องขึ้นมา จะทำการแจ้งเตือนเป็นสีแดงแสดงดังรูปที่ 5.110 และเมื่อประตูกันขานชานชลาเปิดจะแสดงไอคอนประตูสีแดง แสดงดังรูปที่ 5.111

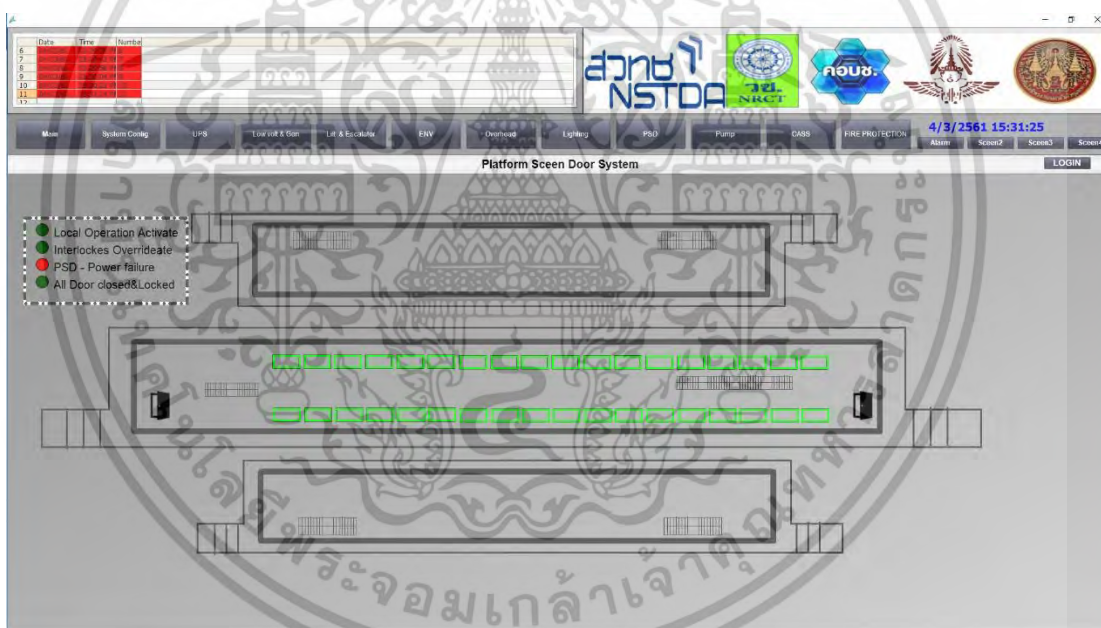
นอกจากนี้โปรแกรมจะมีหน้าต่างแสดงและบันทึกเหตุการณ์การแจ้งเตือนทั้งหมดทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับระบบผ่าน Alarm Logbook ดังรูปที่ 5.112



รูปที่ 5.105 ส่วนแสดงผลการทำงานของระบบประตูกันขานชานชลา มีสถานะ Local Operation Activate

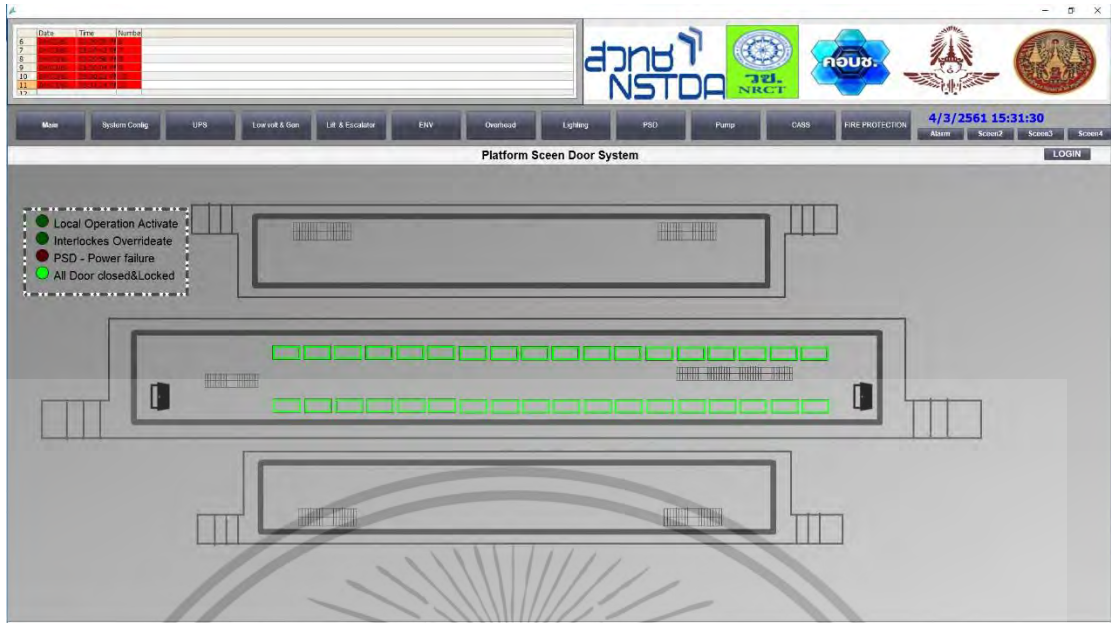


รูปที่ 5.106 ส่วนแสดงผลการทำงานของระบบประตูกันขานชาลามีสถานะ Interlocked Override



รูปที่ 5.107 การทำงานของระบบประตูกันขานชาลามีระบบจ่ายไฟล้มเหลว (Power Failure)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

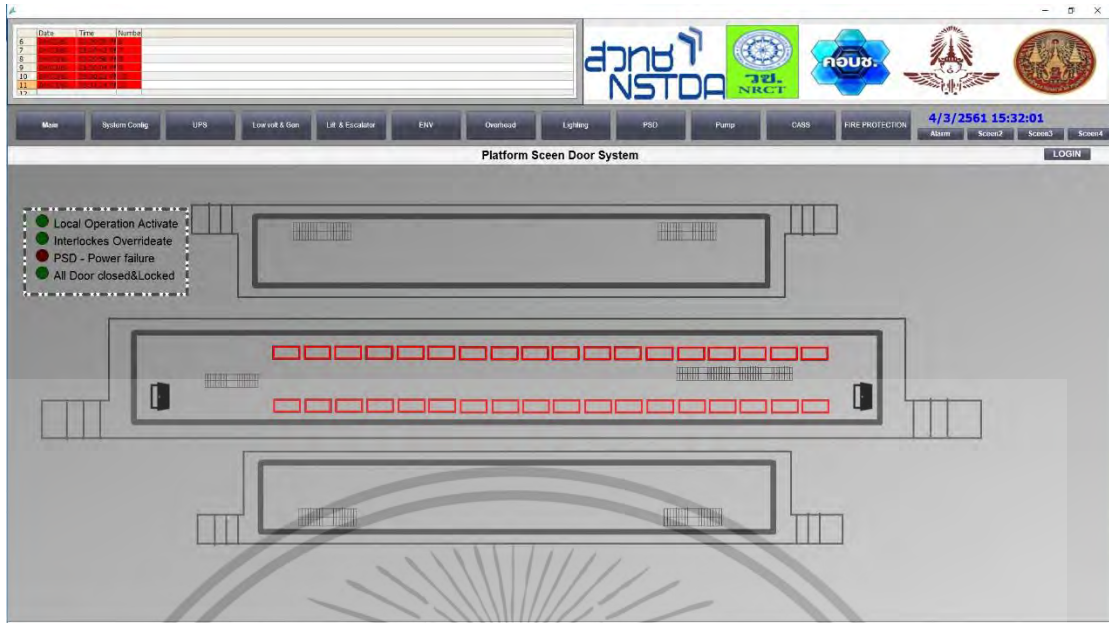


รูปที่ 5.108 ระบบประตูกันขานชาลาปิด และล็อกเรียบร้อย

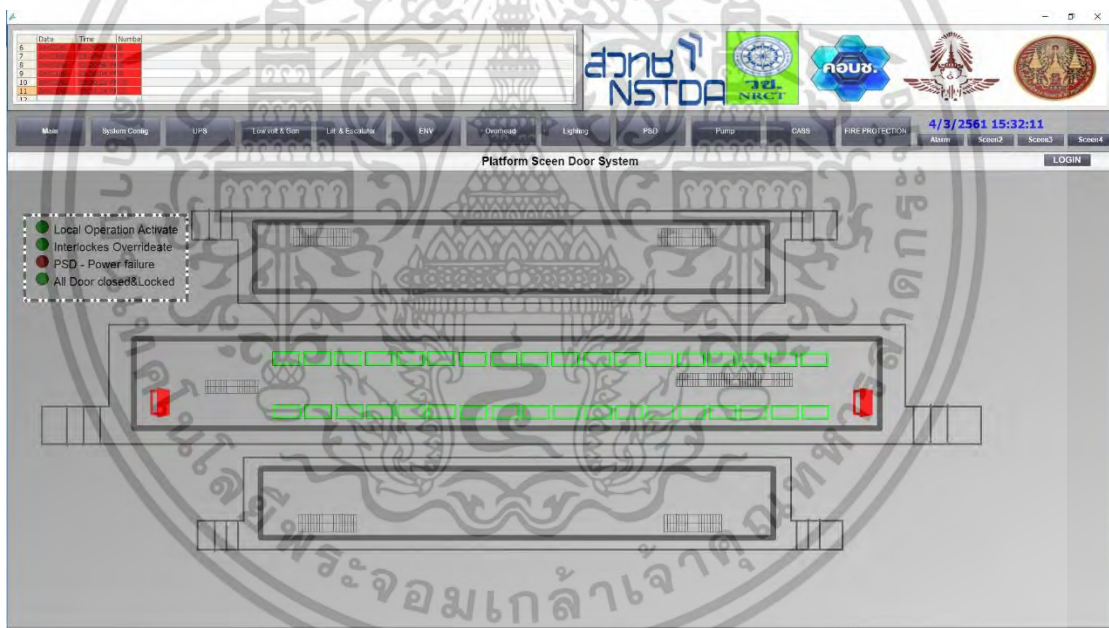


รูปที่ 5.109 ระบบประตูกันขานชาลาปิดมีสถานะ Isolated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.110 ระบบประตูกันขานชาลาที่มีการขัดข้อง



รูปที่ 5.111 ระบบประตูกันขานชาลาที่มีสถานะเปิด

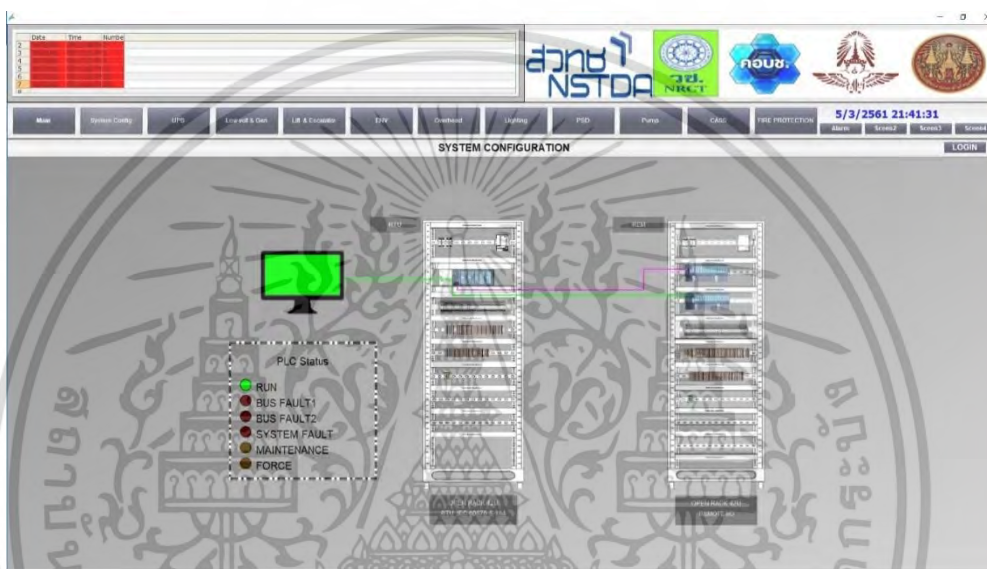
User	Time	State	State Value
42	Natcha	9:56:37 PM	PSD8_W Isolated
43			Appear

รูปที่ 5.112 ส่วนบันทึกการทำงาน เมื่อประตูกันขานชาลาทั้งสองฝั่งทำงานผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

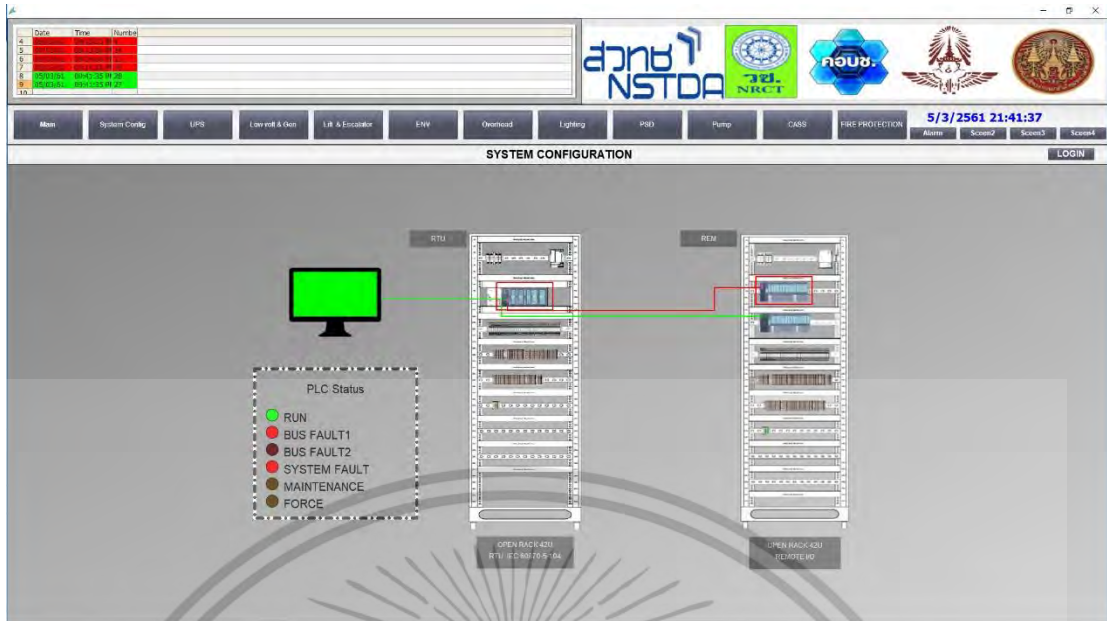
5.2.12. ระบบตรวจสอบการเชื่อมต่อ และตั้งค่า (System Configuration)

ในระบบจะสามารถตรวจสอบการเชื่อมต่อ และการตั้งค่าอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ Work Station กับตู้ Rack โดยมีอุปกรณ์ RTU เป็นตัวเชื่อมต่อ และจากตู้ RTU จะเชื่อมต่อไปยังตู้ Remote IO อีกทีหนึ่ง ซึ่งในระบบจะสามารถมอนิเตอร์การทำงานว่า อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้มีการเชื่อมต่อกันอยู่หรือไม่ หากสายหลุด หรือไม่มีการเชื่อมต่อ ก็จะมีการแจ้งเตือนขึ้นมา โดยในสภาวะปกติที่มีการเชื่อมต่อ จะแสดงดังรูปที่ 5.113

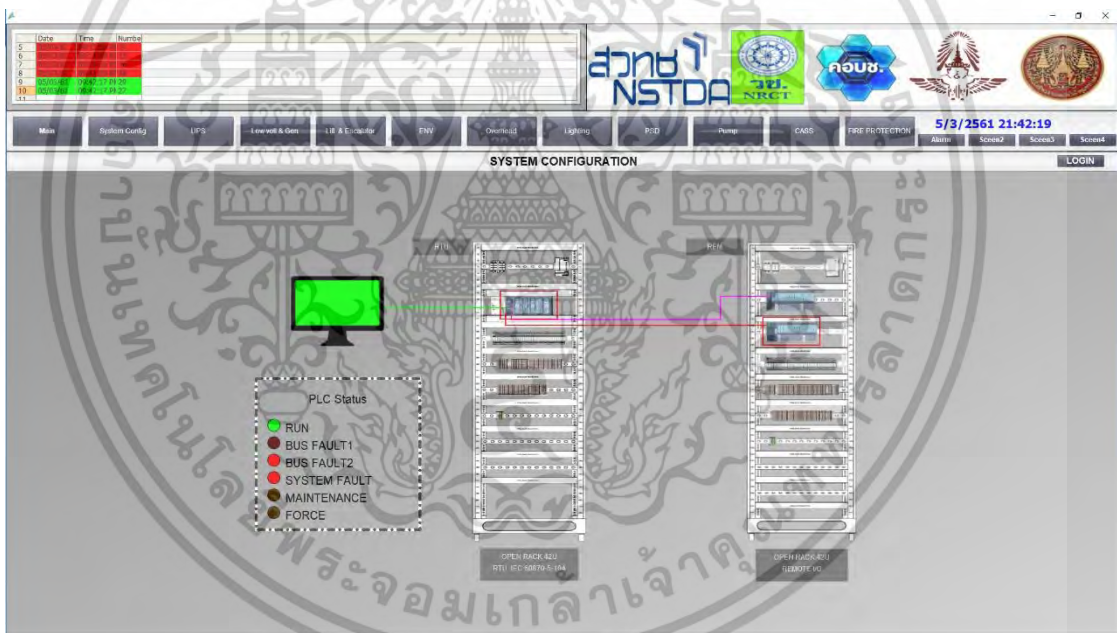


รูปที่ 5.113 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในสภาวะใช้งานปกติ

ในกรณีที่มีการเชื่อมต่อมีปัญหา หรือสายไฟหลุด ขาด ออกจากกัน ในกรณีที่สาย Profibus ที่เชื่อมระหว่างตู้ RTU กับ Remote IO ในส่วน Profibus DP ชัดข้อง จะทำให้เดิมจากเส้นสีชมพูที่มีการเชื่อมต่อปกติ จะเปลี่ยนเป็นสีแดงที่แสดงถึงความขัดข้อง โดยแสดงดังรูปที่ 5.114 และเช่นเดียวกันกับสายสีเขียวในส่วน Profinet จะแสดงดังรูปที่ 5.115



รูปที่ 5.114 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์กับ Remote IO ส่วน Profibus DP ผิดปกติ

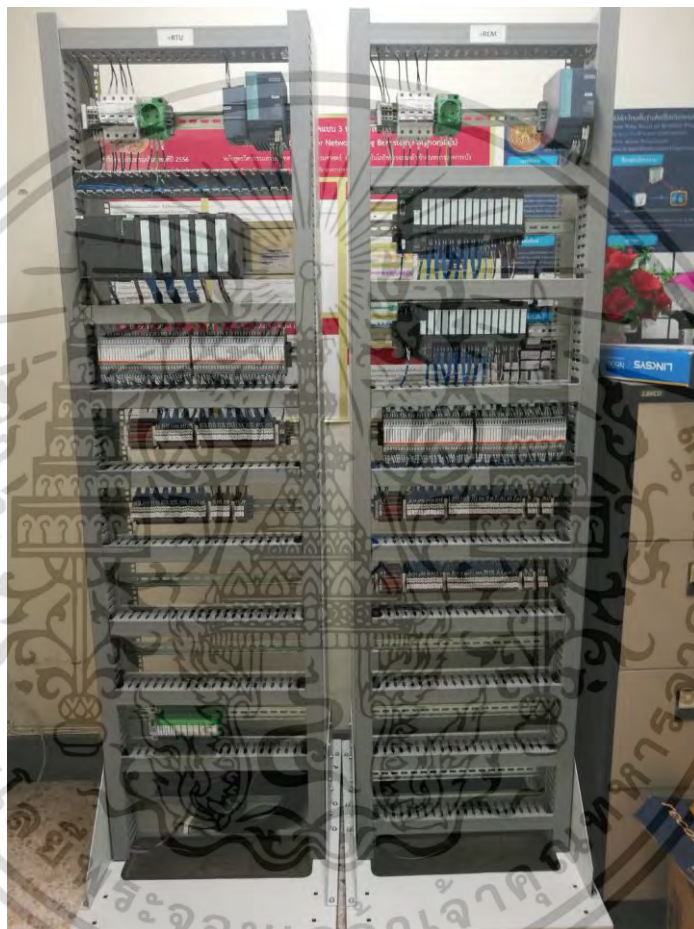


รูปที่ 5.115 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์กับ Remote IO ส่วน Profinet ผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

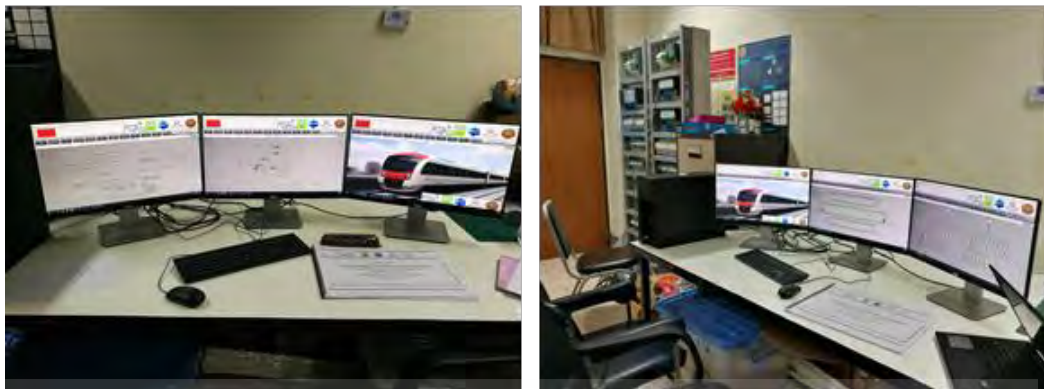
5.2.13. การเชื่อมต่ออุปกรณ์จริง และการทำงาน

เมื่อทำการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC ผ่านโปรแกรม TIA ในคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการตั้งค่าให้แท็กของที่อุปกรณ์ตรงกับแท็กในอินเตอร์เฟซผู้ใช้งาน จากนั้นจึงทำการอัปโหลดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ไปยัง PLC และทำการทดลองผ่านอินเตอร์เฟซผู้ใช้งานที่ได้ทำการพัฒนาและออกแบบ โดยภาพรวมของการเชื่อมต่ออุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 5.116 และอินเตอร์เฟซผู้ใช้งานเชื่อมกันเป็นสามหน้าจอดังรูปที่ 5.117



รูปที่ 5.116 ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ชุดควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.117 ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ กับอินเทอร์เน็ตของผู้ใช้งาน

5.3. การสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือและการวิเคราะห์ระบบ

หัวข้อนี้จะอธิบายถึงการสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือ และการวิเคราะห์ระบบที่สร้างขึ้นมา โดยแบ่งเป็น ข้อย่อยดังนี้

5.3.1. เกณฑ์ความล้มเหลวและความสำเร็จ

จากหน้าที่หลักของ SCADA คือ การตรวจสอบระบบภายนอกที่จำเป็น (Monitoring the required external systems) และ การควบคุมระบบภายนอกที่จำเป็น (Controlling the required external systems)

การสูญเสียหนึ่งในฟังก์ชันเหล่านี้ ถือว่าสกาด่าอยู่ในสถานะล้มเหลว สำหรับวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ความล้มเหลวของพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตใด ๆ จะถูกพิจารณาว่าสูญเสียฟังก์ชันโดยรวมในขณะที่ในความเป็นจริงอินพุตและเอาต์พุตที่ไม่สำคัญบางส่วนอาจไม่ได้รับการพิจารณาว่าเป็นความล้มเหลวของระบบสกาด่า และถูกกำหนดให้เป็นความล้มเหลวหลัก (Major Failure) ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ความล้มเหลวที่ไม่ส่งผลกระทบต่อฟังก์ชันหลักถูกกำหนดให้เป็น ความล้มเหลวเล็กน้อย (Minor Failure) การใช้ผลการศึกษานี้เพิ่มเติมจะต้องพิจารณาประเภทความล้มเหลวเหล่านี้

5.3.2. รายการขึ้นส่วนอุปกรณ์และค่าความน่าเชื่อถือ

ในการหาค่าความน่าเชื่อถือของระบบ SCADA ค่าความน่าเชื่อถือของแต่ละส่วนประกอบจะต้องได้รับการผลิตหรือจากมาตรฐานสากล ตารางด้านล่าง สรุปลักษณะประกอบและค่าความน่าเชื่อถือทั้งหมดสำหรับแต่ละอุปกรณ์ ที่ได้ออกแบบและนำมาใช้ในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 5.12 รายละเอียดข้อมูลของแต่ละอุปกรณ์

ID	Part Name	MTBF	FPMH per Unit	MTTR per Unit ¹
0	SCADA System			
1	Remote Terminal Unit			
1.1	Miniature Circuit Breaker 2P 16A	294,118	3.40	0.5
1.2	Miniature Circuit Breaker 1P 6A	588,235	1.70	0.5
1.3	SITOP PSU100S 1-phase, 24VDC 10A	1,614,510	0.62	0.5
1.4	Power Supply 24VDC 10A	1,504,280	0.66	0.5
1.5	CPU 315-2PN/DP	2,480,589	0.40	0.5
1.6	DO 32 x 24VDC 0.5A	144,540	6.92	0.5
1.7	DI 32 x 24VDC	268,056	3.73	0.5
1.8	AO 4 x 12bit	207,612	4.82	0.5
1.9	AI 8 x 14bit	409,968	2.44	0.5
2	Remote I/O			
2.1	Miniature Circuit Breaker 2P 16A	294,118	3.40	0.5
2.2	Miniature Circuit Breaker 1P 6A	588,235	1.70	0.5
2.3	SITOP PSU100S 1-phase, 24VDC 10A	1,614,510	0.62	0.5
2.4	IM151-1 DP Standard	1,235,160	0.81	0.5
2.5	IM151-3 PN Standard	1,075,728	0.93	0.5
2.6	PM-E 24VDC	7,911,156	0.13	0.5
2.7	8DO, 24VDC 0.5A	3,447,936	0.29	0.5
2.8	8DI, 24VDC 0.5A	2,204,892	0.45	0.5
2.9	2AO, U	522,972	1.91	0.5
2.10	2AO, I	522,972	1.91	0.5
2.11	2AI, U, Standard	567,648	1.76	0.5
2.12	2AI, I Standard, for 2-wire	567,648	1.76	0.5
2.13	Relay 24VDC 1 Contact			0.5
3	SCADA Server			
3.1	Application Server	81,759	12.23	0.5
3.2	Database Server	81,759	12.23	0.5
4	Workstation and Printer			
4.1	PC Workstation	54,000	18.52	0.5
4.2	Monitor	54,000	18.52	0.5
4.3	Colour Printer	42,804	23.36	0.5
4.4	B&W Printer	42,804	23.36	0.5

5.3.3. ค่าความน่าเชื่อถือของบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือย่อย

เพื่อให้ได้มาซึ่งความน่าเชื่อถือของระบบ SCADA วิธีการจากล่างขึ้นบนจะถูกนำไปใช้กับระดับระบบย่อยในขณะที่ระดับส่วนประกอบถูกทำโดย OEM การทดสอบความน่าเชื่อถือและค่าความน่าเชื่อถือขั้นสุดท้ายได้มาและได้มาโดยเป็นส่วนหนึ่งของข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ ระบบย่อยหลักของ SCADA มี 4 ระบบ ได้แก่ หน่วยควบคุมระยะไกล อุปกรณ์ Remote IO เซิร์ฟเวอร์ และเวิร์กสเตชัน ความซับซ้อนของระบบสกาดา จะเป็นผลมาจากการกำหนดค่าที่ซับซ้อนของระบบย่อย ดังนั้นขั้นตอนแรกในการสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือคือการประเมินระบบย่อยเหล่านี้

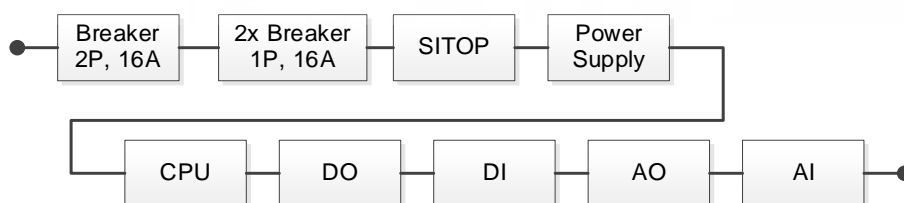
5.3.3.1 ค่าความน่าเชื่อถือของหน่วยควบคุมระยะไกล

การวิเคราะห์การทำงานของส่วนประกอบภายใต้หน่วยควบคุมระยะไกล สรุปได้ในตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 การวิเคราะห์การทำงานของหน่วยควบคุมระยะไกล

ID	Part Name	Qty	Function	Failure Functional Consequence	Consequence to RTU unit
1	Remote Terminal Unit				
1.1	Miniature Circuit Breaker 2P 16A	1	Circuit protection from over current	Loss main power to the RTU	RTU is not working.
1.2	Miniature Circuit Breaker 1P 6A	2	Circuit protection from over current	Loss main power to the components	RTU is not working.
1.3	SITOP PSU100S 1-phase, 24VDC 10A	1	Supply the Power to components	Loss main power to the components	RTU is not working.
1.4	Power Supply 24VDC 10A	1	Supply the Power to components	Loss power to the components	RTU is not working.
1.5	CPU 315-2PN/DP	1	Processing unit	Processing data is not possible	RTU is not working.
1.6	DO 32 x 24VDC 0.5A	1	Digital Output Module for components	Digital output from this module is not available	RTU is not working.
1.7	DI 32 x 24VDC	1	Digital Input Module for components	Digital input from this module is not available	RTU is not working.
1.8	AO 4 x 12bit	1	Analog Output Module for components	Analog output from this module is not available	RTU is not working.
1.9	AI 8 x 14bit	1	Analog Input Module for components	Analog input from this module is not available	RTU is not working.

จากการวิเคราะห์การทำงานเห็นได้ชัดว่าความล้มเหลวของส่วนประกอบใด ๆ ในหน่วยควบคุมระยะไกล จะส่งผลให้ หน่วยควบคุมระยะไกลล้มเหลว ดังนั้นการกำหนดค่าส่วนประกอบของหน่วยควบคุมระยะไกล จึงอยู่ในรูปแบบ RBD แบบอนุกรม แสดงในรูปที่ 5.118



รูปที่ 5.118 ภาพแสดง RBD ของหน่วยควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นอัตราความล้มเหลวของหน่วยควบคุมระยะไกล จะเท่ากับผลรวมของอัตราความล้มเหลวของส่วนประกอบทั้งหมด สามารถสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องของอัตราความล้มเหลวได้ดังตาราง

ตารางที่ 5.14 อัตราความล้มเหลวหน่วยควบคุมระยะไกล

ID	Part Name	Qty	MTBF	FPMH per Unit	Total FPMH
1	Remote Terminal Unit	1	45,031		33.31
1.1	Miniature Circuit Breaker 2P 16A	1	294,118	3.40	3.40
1.2	Miniature Circuit Breaker 1P 6A	2	588,235	1.70	3.40
1.3	SITOP PSU100S 1-phase, 24VDC 10A	1	1,614,510	0.62	0.62
1.4	Power Supply 24VDC 10A	1	1,504,280	0.66	0.66
1.5	CPU 315-2PN/DP	1	2,480,589	0.40	0.40
1.6	DO 32 x 24VDC 0.5A	2	144,540	6.92	13.84
1.7	DI 32 x 24VDC	1	268,056	3.73	3.73
1.8	AO 4 x 12bit	1	207,612	4.82	4.82
1.9	AI 8 x 14bit	1	409,968	2.44	2.44

5.3.3.2 ค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ Remote IO

การวิเคราะห์การทำงานของส่วนประกอบภายใต้อุปกรณ์ Remote IO สรุปได้ในตารางที่ 5.15

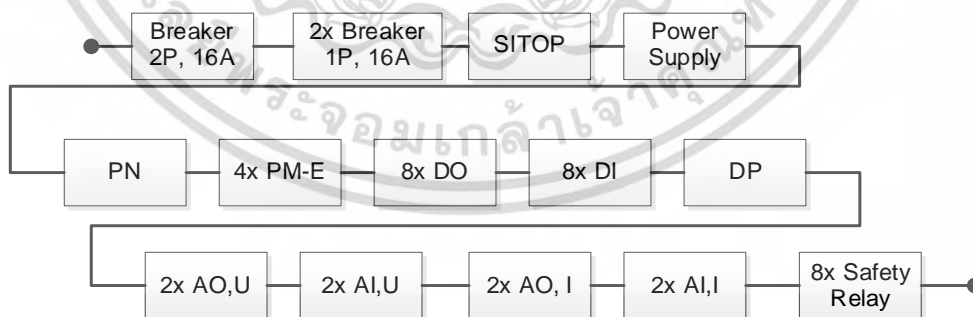
ตารางที่ 5.15 การวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ Remote IO

ID	Part Name	Qty	Function	Failure Functional Consequence	Consequence to Remote I/O unit
2	Remote I/O				
2.1	Miniature Circuit Breaker 2P 16A	1	Circuit protection from over current	Loss main power to the Remote I/O unit	Remote I/O unit is not working
2.2	Miniature Circuit Breaker 1P 6A	2	Circuit protection from over current	Loss main power to the components	Remote I/O unit is not working
2.3	SITOP PSU100S 1-phase, 24VDC 10A	1	Supply the Power to components	Loss main power to the components	Remote I/O unit is not working
2.4	IM151-1 DP Standard	1	Processing unit	Processing data from Profibus is not possible	Remote I/O unit is not working
2.5	IM151-3 PN Standard	1	Processing unit	Processing data from Profinet not possible	Remote I/O unit is not working

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ID	Part Name	Qty	Function	Failure Functional Consequence	Consequence to Remote I/O unit
2.6	PM-E 24VDC	4	Supply the Power to components	Loss power to the components of I/O modules	Remote I/O unit is not working
2.7	8DO, 24VDC 0.5A	8	Digital Output Module for components	Digital output from this module is not available	Remote I/O unit is not working
2.8	8DI, 24VDC 0.5A	8	Digital Input Module for components	Digital input from this module is not available	Remote I/O unit is not working
2.9	2AO, U	2	Analog Output Module for components	Analog output from this module is not available	Remote I/O unit is not working
2.10	2AO, I	2	Analog Output Module for components	Analog output from this module is not available	Remote I/O unit is not working
2.11	2AI, U, Standard	2	Analog Input Module for components	Analog input from this module is not available	Remote I/O unit is not working
2.12	2AI, I Standard, for 2-wire	2	Analog Input Module for components	Analog input from this module is not available	Remote I/O unit is not working
2.13	Relay 24VDC 1 Contact	8 ¹	Provide switching function for high-power contact.	Switching function for the output component is not available	Remote I/O unit is not working

จากการวิเคราะห์การทำงานเห็นได้ชัดว่าความล้มเหลวของส่วนประกอบใด ๆ ในอุปกรณ์ Remote IO จะส่งผลให้ล้มเหลว ดังนั้นการกำหนดค่าส่วนประกอบของหน่วยควบคุมระยะไกล จึงอยู่ในรูปแบบ RBD แบบอนุกรมเช่นกัน แสดงในรูปที่ 5.119



รูปที่ 5.119 ภาพแสดง RBD ของอุปกรณ์ Remote IO

จากนั้นอัตราการความล้มเหลว จะเท่ากับผลรวมของอัตราการความล้มเหลวของส่วนประกอบทั้งหมด สามารถสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องของอัตราการความล้มเหลวได้ดังตารางที่ 5.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.16 อัตราความล้มเหลวของอุปกรณ์ Remote IO

ID	Part Name	Qty	MTBF	FPMH per Unit	Total FPMH
2	Remote I/O	1	32,948		30.35
2.1	Miniature Circuit Breaker 2P 16A	1	294,118	3.40	3.40
2.2	Miniature Circuit Breaker 1P 6A	2	588,235	1.70	3.40
2.3	SITOP PSU100S 1-phase, 24VDC 10A	1	1,614,510	0.62	0.62
2.4	IM151-1 DP Standard	1	1,235,160	0.81	0.81
2.5	IM151-3 PN Standard	1	1,075,728	0.93	0.93
2.6	PM-E 24VDC	4	7,911,156	0.13	0.51
2.7	8DO, 24VDC 0.5A	8	3,447,936	0.29	2.32
2.8	8DI, 24VDC 0.5A	8	2,204,892	0.45	3.63
2.9	2AO, U	2	522,972	1.91	3.82
2.10	2AO, I	2	522,972	1.91	3.82
2.11	2AI, U, Standard	2	567,648	1.76	3.52
2.12	2AI, I Standard, for 2-wire	2	567,648	1.76	3.52
2.13	Relay 24VDC 1 Contact	8	186,147,072	0.01	0.04

5.3.3.3 ค่าความเชื่อถือของสกาดาเซิร์ฟเวอร์

การวิเคราะห์การทำงานของส่วนประกอบภายใต้สกาดาเซิร์ฟเวอร์ สรุปได้ในตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 การวิเคราะห์การทำงานของสกาดาเซิร์ฟเวอร์

ID	Part Name	Qty	Function	Failure Functional Consequence	Consequence to SCADA Server
3	SCADA Servers				
3.1	Application Server	1	Main storage of application data	Application data is not working.	SCADA Servers fail
3.2	Database Server	1	Main storage of all SCADA data	Database is not working.	SCADA Servers fail

จากนั้นผลรวมของสกาดาเซิร์ฟเวอร์ที่จะเป็นการกำหนดค่าชุดพื้นฐานของเซิร์ฟเวอร์แอปพลิเคชันและเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูล การกำหนดค่าเซิร์ฟเวอร์ที่ซับซ้อนมากขึ้นและ RBD จะอธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป และตารางด้านล่างแสดงอัตราความล้มเหลวของสกาดาเซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.18 อัตราความล้มเหลวของสกาดาเซิร์ฟเวอร์

ID	Part Name	Qty	MTBF	FPMH per unit	Total FPMH
3	SCADA Server	2	40,880		24.46
3.1	Application Server	1	81,759	12.23	12.23
3.2	Database Server	1	81,759	12.23	12.23

5.3.3.4 ค่าความเชื่อถือของสกาดาเวิร์กสเตชัน และอุปกรณ์ย่อย

การวิเคราะห์การทำงานของส่วนประกอบภายใต้สกาดาเซิร์ฟเวอร์ สรุปได้ในตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 การวิเคราะห์การทำงานของสกาดาเวิร์กสเตชัน และอุปกรณ์ย่อย

ID	Part Name	Qty	Function	Failure Functional Consequence	Consequence to Workstation
4	Workstation and Printer				
4.1	PC Workstation	1	Provide data processing for user	Loss user control of the SCADA.	Workstation is not working
4.2	Monitor	1	Provide visual interface	No visual interface to the operator.	Workstation is not working
4.3	Color Printer	1	Provide color printing capability	Color printer is not available.	No impact (Minor failure)
4.4	B&W Printer	1	Provide black and white printing capability	B&W printer is not available.	No impact (Minor failure)

การคำนวณของเวิร์กสเตชันที่มีผลต่อบริการจะขึ้นอยู่กับเวิร์กสเตชัน และจอภาพเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีการคำนวณสำหรับกลุ่มเครื่องพิมพ์ ซึ่งจะใช้ในการคำนวณอัตราความล้มเหลวที่มีค่าเล็กน้อยในส่วนต่อไปนี้

ตารางที่ 5.20 อัตราความล้มเหลวของเวิร์กสเตชัน และอุปกรณ์ย่อย

ID	Part Name	Qty	MTBF	FPMH per unit	Total FPMH
4	Workstation and Monitor	1	27,000		37.04
4.1	PC Workstation	1	54,000	18.52	18.52
4.2	Monitor	1	54,000	18.52	18.52
	Printer Group	1	21,402		46.72
4.3	Colour Printer	1	42,804	23.36	23.36
4.4	B&W Printer	1	42,804	23.36	23.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่สามารถนำไปเผยแพร่ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4. ผลการทดสอบ บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือของระบบสกาดา

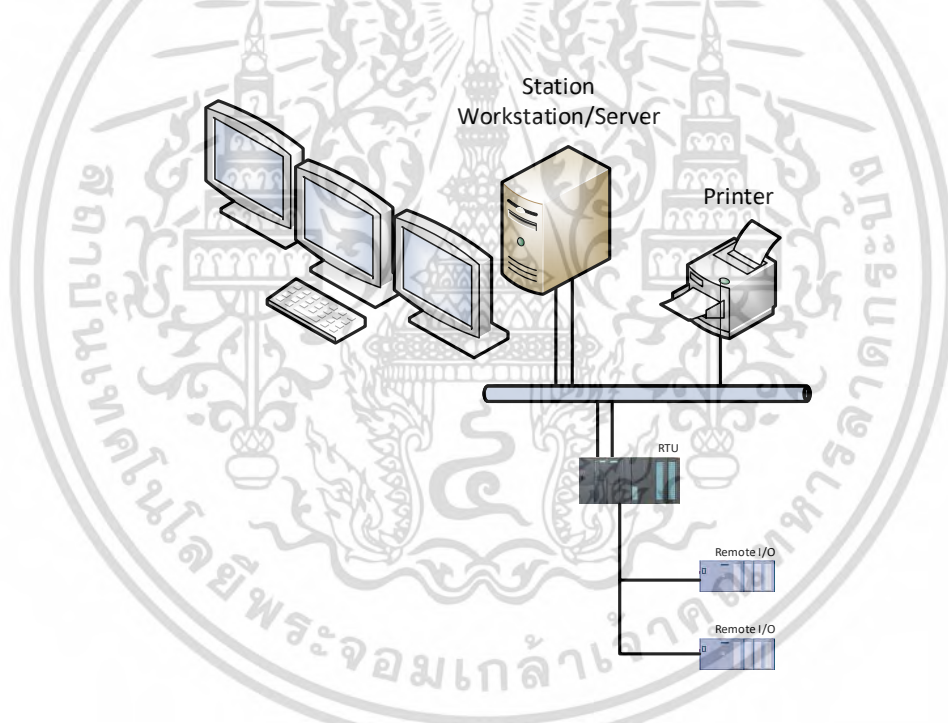
หัวข้อนี้จะแสดงผลการทดสอบ บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือของระบบสกาดาและการวิเคราะห์ระบบที่สร้างขึ้นมาโดยแบ่งเป็น โมเดลย่อย ดังนี้

5.3.4.1.บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือของโมเดลแบบที่ 1

การสร้างบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ ของโมเดลแบบที่ 1 คือจำลองระบบควบคุมและจัดการสถานีรถไฟ โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

- การรวมเซิร์ฟเวอร์ / เวิร์กสเตชัน จำนวน 1 ชุด
- เครื่องพิมพ์ จำนวน 1 ชุด
- หน่วยควบคุมระยะไกล จำนวน 1 ชุด
- อุปกรณ์ Remote IO จำนวน 2 ชุด

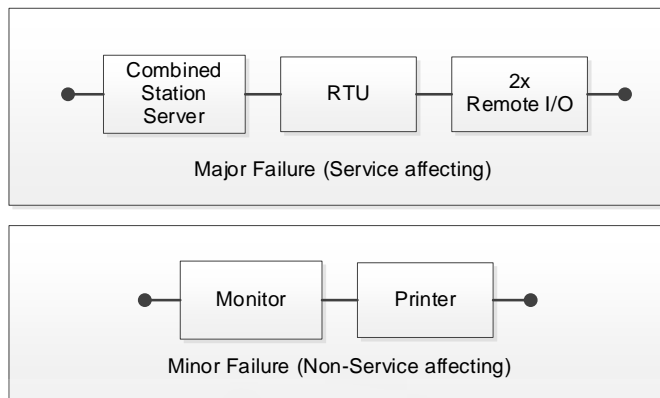
สามารถเขียนเป็นสถาปัตยกรรม ได้ดังนี้



รูปที่ 5.120 ภาพแสดงสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 1

จากการวิเคราะห์การทำงานเห็นได้ชัดว่าความล้มเหลวของส่วนประกอบใด ๆ ในสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 1 สามารถนำมาเขียนในรูปแบบ RBD แบบอนุกรม แสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.121 ภาพแสดง RBD ของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 1

จากลักษณะการทำงาน และสถาปัตยกรรม สามารถสรุปการคำนวณ ความน่าเชื่อถือ และความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Calculation Table: Model #1 : Standalone Station Controller

Item	Qty	FPMH	Consequences	Major	Minor	Major	Minor
Combined Station Server	1	24.46	Total loss of the system.	x		24.46	
Monitor	1	18.52	Loss human interfaced control of system. The system is still working, the work station will need to be repaired as soon as possible.		x		18.52
Printer	1	46.72	Loss printing capability. SCADA operation is not impact.		x		46.72
RTU	1	33.31	Loss of monitoring and controlling functions	x		33.31	
Remote I/O	2	30.35	Loss of any I/O leading to fault of the system	x		60.70	
Total FPMH						118.47	65.24
Total Major failure MTBF 8,441							
Total Minor failure MTBF 15,327							
All Failure MTBF 5,443							
Service Availability 99.9941%							
Inherent Availability 99.9908%							

รูปที่ 5.122 ภาพแสดงสรุปความพร้อมใช้งานของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 1

5.3.4.2. บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือของโมเดลแบบที่ 2

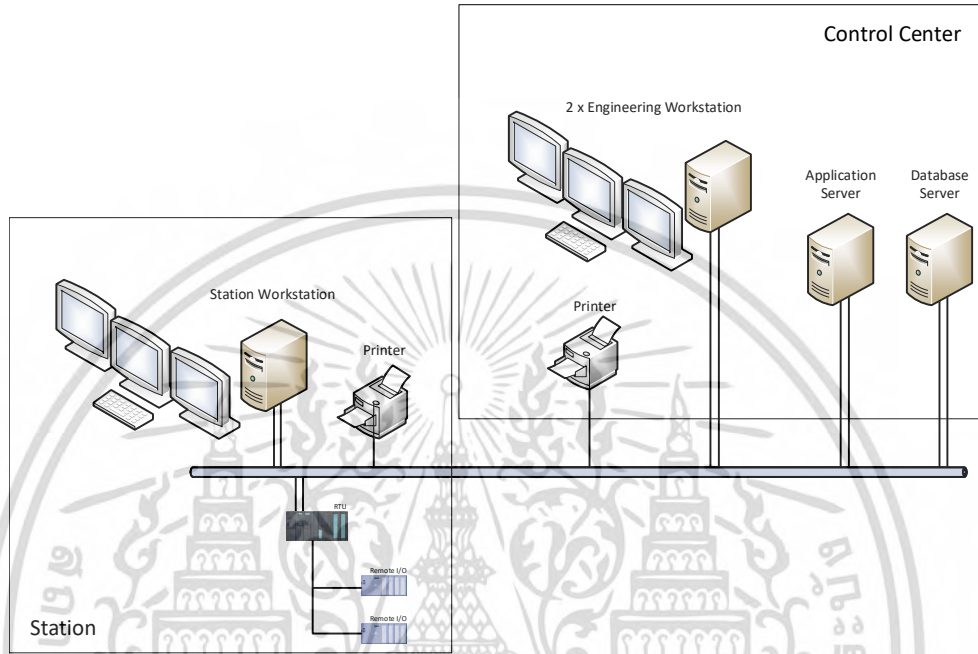
การสร้างบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ ของโมเดลแบบที่ 2 คือจำลองระบบควบคุมและจัดการสถานีรถไฟ และมีการควบคุมจากส่วนกลางแบบเดี่ยว โดยที่ศูนย์ควบคุมกลาง ประกอบไปด้วย เวิร์กสเตชันควบคุมที่มีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ และเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูล โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

- เวิร์กสเตชันควบคุมและจัดการสถานี จำนวน 1 ชุด
- เวิร์กสเตชันควบคุม ที่ศูนย์ควบคุมกลาง จำนวน 2 ชุด
- แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ จำนวน 1 ชุด
- เซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลจำนวน 1 ชุด
- เครื่องพิมพ์ จำนวน 2 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

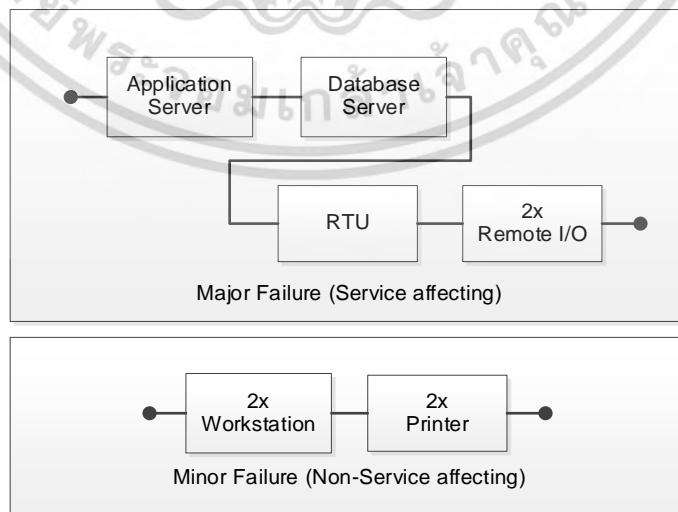
- หน่วยควบคุมระยะไกล จำนวน 1 ชุด
- อุปกรณ์ Remote IO จำนวน 2 ชุด

สามารถเขียนเป็นสถาปัตยกรรม ได้ดังนี้



รูปที่ 5.123 ภาพแสดงสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 2

จากการวิเคราะห์การทำงานเห็นได้ชัดว่าความล้มเหลวของส่วนประกอบใด ๆ ในสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 2 สามารถนำมาเขียนในรูปแบบ RBD แบบนุกรมดังนี้



รูปที่ 5.124 ภาพแสดง RBD ของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะการทำงาน และสถาปัตยกรรม สามารถสรุปการคำนวณ ความน่าเชื่อถือ และความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Calculation Table: Model #2 : Single Control Center

Item	Qty	FPMH	Consequences	Major	Minor	Major	Minor
Application Server	1	12.23	Total loss of the system.	x		12.23	
Database Server	1	12.23	Total loss of the system.	x		12.23	
Workstation	2	37.04	Loss human interfaced control of system. The system is still working, the work station will need to be repaired as soon as possible.		x		74.07
Printer	2	46.72	Loss printing capability. SCADA operation is not impact.		x		93.45
RTU	1	33.31	Loss of monitoring and controlling functions	x		33.31	
Remote I/O	2	30.35	Loss of any I/O leading to fault of the system	x		60.70	
Total FPMH						118.47	167.52
Total Major failure MTBF 8,441							
Total Minor failure MTBF 5,969							
All Failure MTBF 3,497							
Service Availability 99.9941%							
Inherent Availability 99.9857%							

รูปที่ 5.125 ภาพแสดงสรุปความพร้อมใช้งานของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 2

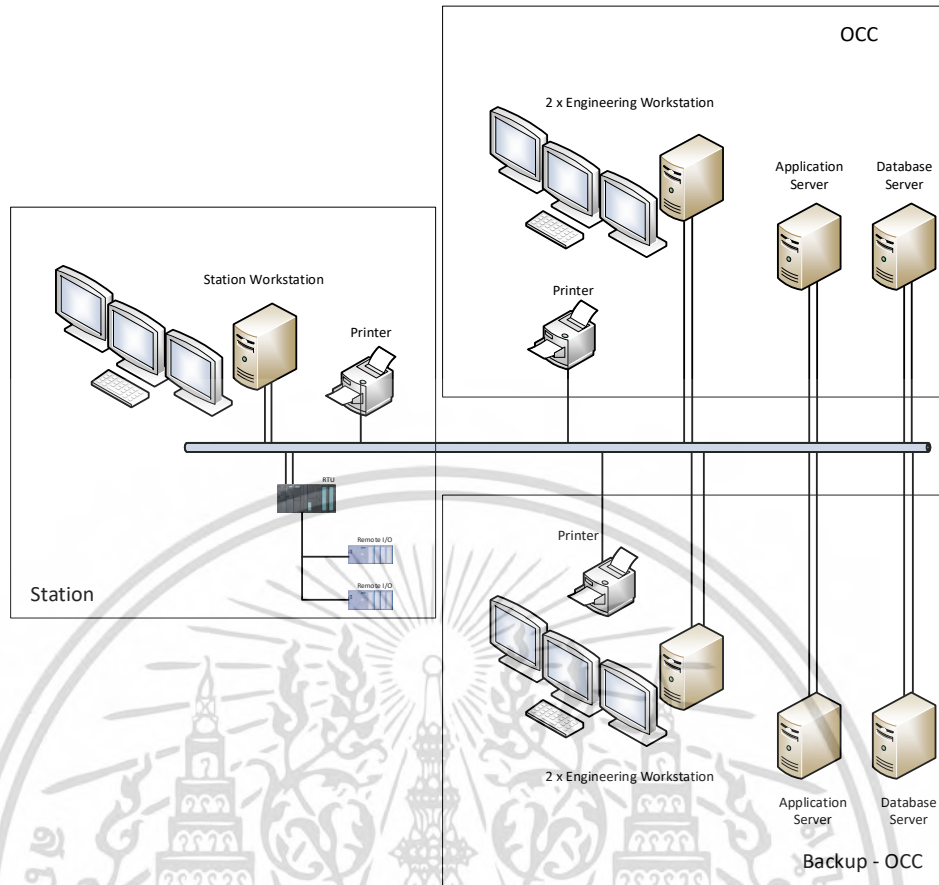
5.3.4.3. บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือของโมเดลแบบที่ 3

การสร้างบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือของโมเดลแบบที่ 3 คือจำลองระบบควบคุมและจัดการ โดยมีการควบคุมจากส่วนกลางแบบซ้ำซ้อน โดยที่ศูนย์ควบคุมกลาง ประกอบไปด้วย เวิร์กสเตชันควบคุมที่มีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ และเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูล ที่ซ้ำซ้อนกัน โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

- เวิร์กสเตชันควบคุมและจัดการสถานี จำนวน 1 ชุด
- เวิร์กสเตชันควบคุม ที่ศูนย์ควบคุมกลาง จำนวน 4 ชุด
- แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ จำนวน 2 ชุด
- เซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลจำนวน 2 ชุด
- เครื่องพิมพ์ จำนวน 3 ชุด
- หน่วยควบคุมระยะไกล จำนวน 1 ชุด
- อุปกรณ์ Remote IO จำนวน 2 ชุด

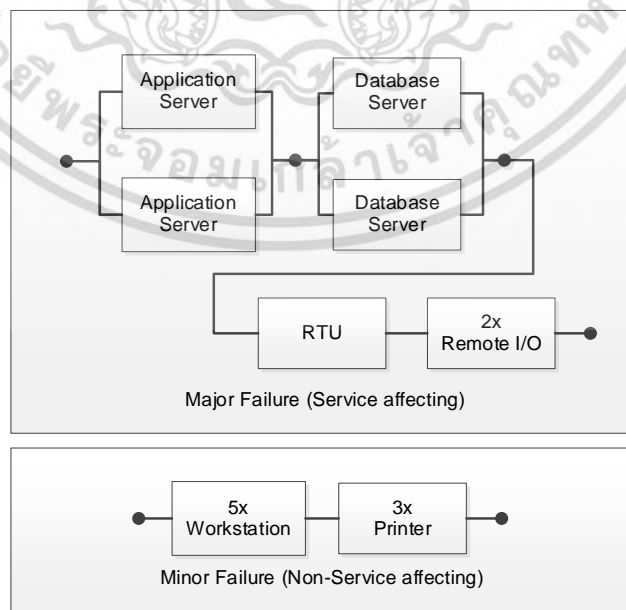
สามารถเขียนเป็นสถาปัตยกรรม ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.126 ภาพแสดงสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 3

จากการวิเคราะห์การทำงานเห็นได้ชัดว่าความล้มเหลวของส่วนประกอบใด ๆ ในสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 3 สามารถนำมาเขียนในรูปแบบ RBD แบบซับซ้อน ได้ดังนี้



รูปที่ 5.127 ภาพแสดง RBD ของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะการทำงาน และสถาปัตยกรรม สามารถสรุปการคำนวณ ความน่าเชื่อถือ และความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Calculation Table: Model #3 : Control Center Redundancy

Item	Qty	FPMH	Consequences	Major	Minor	Major	Minor
Application Server	2	12.23	Total loss of the system.	x		8.15	
Database Server	2	12.23	Total loss of the system.	x		8.15	
Workstation	5	37.04	Loss human interfaced control of system. The system is still working, the work station will need to be repaired as soon as possible.		x		185.19
Printer	3	46.72	Loss printing capability. SCADA operation is not impact.		x		140.17
RTU	1	33.31	Loss of monitoring and controlling functions	x		33.31	
Remote I/O	2	30.35	Loss of any I/O leading to fault of the system	x		60.70	
Total FPMH						110.32	325.36
Total Major failure MTBF 9,064							
Total Minor failure MTBF 3,074							
All Failure MTBF 2,295							
Service Availability 99.9945%							
Inherent Availability 99.9782%							

รูปที่ 5.128 ภาพแสดงสรุปความพร้อมใช้งานของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 3

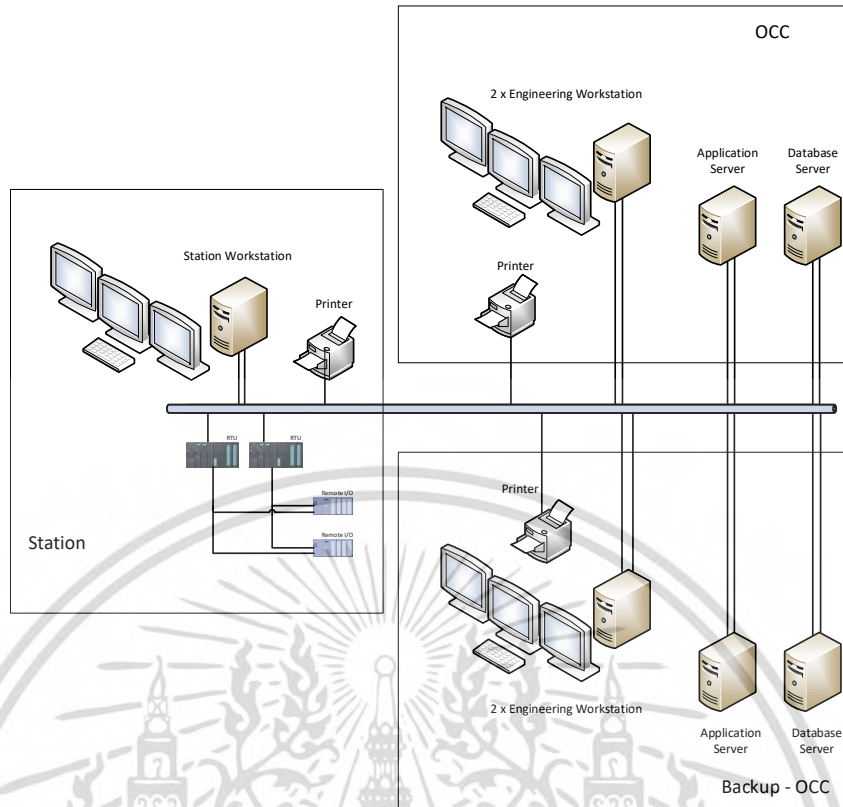
5.3.4.4. บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือของโมเดลแบบที่ 4

การสร้างบล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือของโมเดลแบบที่ 4 คือจำลองระบบควบคุมและจัดการ โดยมีการควบคุมจากส่วนกลางแบบซ้ำซ้อน โดยที่ศูนย์ควบคุมกลาง ประกอบไปด้วย เวิร์กสเตชันควบคุมที่มีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ และเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลที่ซ้ำซ้อนกัน รวมถึงหน่วยควบคุมระยะไกลแบบซ้ำซ้อน โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

- เวิร์กสเตชันควบคุมและจัดการสถานี จำนวน 1 ชุด
- เวิร์กสเตชันควบคุม ที่ศูนย์ควบคุมกลาง จำนวน 4 ชุด
- แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ จำนวน 2 ชุด
- เซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลจำนวน 2 ชุด
- เครื่องพิมพ์ จำนวน 3 ชุด
- หน่วยควบคุมระยะไกล จำนวน 2 ชุด
- อุปกรณ์ Remote IO จำนวน 2 ชุด

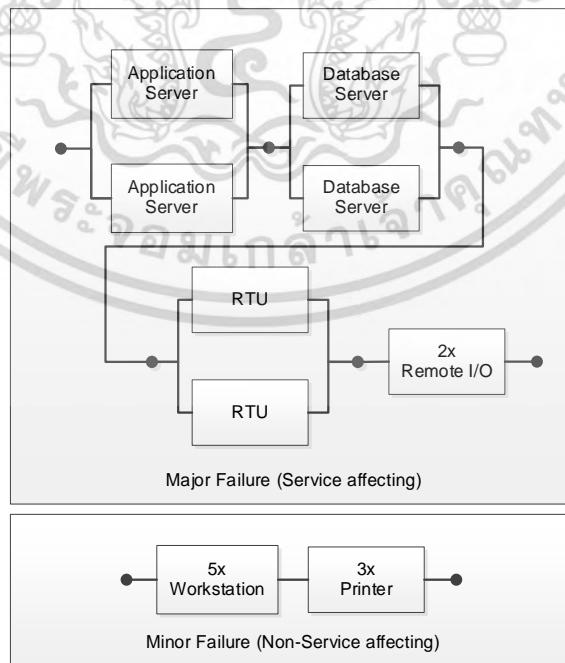
สามารถเขียนเป็นสถาปัตยกรรม ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.129 ภาพแสดงสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 4

จากการวิเคราะห์การทำงานเห็นได้ชัดว่าความล้มเหลวของส่วนประกอบใด ๆ ในสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 4 สามารถนำมาเขียนในรูปแบบ RBD แบบซับซ้อน ได้ดังนี้



รูปที่ 5.130 ภาพแสดง RBD ของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะการทำงาน และสถาปัตยกรรม สามารถสรุปการคำนวณ ความน่าเชื่อถือ และ ความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Calculation Table: Model #3 : Control Center Redundancy

Item	Qty	FPMH	Consequences	Major	Minor	Major	Minor
Application Server	2	12.23	Total loss of the system.	x		8.15	
Database Server	2	12.23	Total loss of the system.	x		8.15	
Workstation	5	37.04	Loss human interfaced control of system. The system is still working, the work station will need to be repaired as soon as possible.		x		185.19
Printer	3	46.72	Loss printing capability. SCADA operation is not impact.		x		140.17
RTU	1	33.31	Loss of monitoring and controlling functions	x		33.31	
Remote I/O	2	30.35	Loss of any I/O leading to fault of the system	x		60.70	
Total FPMH						110.32	325.36
Total Major failure MTBF 9,064							
Total Minor failure MTBF 3,074							
All Failure MTBF 2,295							
Service Availability 99.9945%							
Inherent Availability 99.9782%							

รูปที่ 5.131 ภาพแสดงสรุปความพร้อมใช้งานของสถาปัตยกรรมโมเดลแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1. สรุป

โดยในการวิจัยในขั้นต้นแรก ได้ทำการวิจัยชุดปฏิบัติการการจัดการสถานีรถไฟ เพื่อทำการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์การจำลองการจัดการ และสาธิตการทำงานของระบบการจัดการสถานีรถไฟ โดยการจำลองแต่ละส่วนของสถานีรถไฟบางบำหรุ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนให้แก่แก่นักเรียน นักศึกษาหรือผู้ที่สนใจ โดยมอบชุดปฏิบัติการนี้ให้ศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการรถไฟแห่งประเทศไทย

ต่อมานั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาระบบการจัดการสถานีรถไฟ และระบบสกาดา รวมถึงระบบอื่นๆที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงทำการออกแบบทั้งในส่วนของซอฟต์แวร์ และในส่วนของฮาร์ดแวร์ ซึ่งจะเน้นความเหมือนจริงกับระบบที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน และครอบคลุมทุกระบบที่มีใช้งานจริงได้แก่ ระบบควบคุมการจ่ายไฟ ระบบแสงสว่างภายในสถานี ระบบปั้มน้ำและระบบน้ำทิ้ง ระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบป้องกันและตรวจจับอัคคีภัย ระบบลิฟต์ และบันไดเลื่อน ระบบประตูกันขานขาลา โดยมีฟังก์ชันหลักในการใช้งาน 4 ฟังก์ชัน คือ มอนิเตอร์ควบคุม เก็บข้อมูล และแจ้งเตือน ซึ่งระบบจะสามารถมอนิเตอร์การทำงานของอุปกรณ์ หรือระบบต่าง ๆ ได้ผ่านหน้าจออินเทอร์เน็ตเฟสผู้ใช้งาน และเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่ปกติ ก็สามารถแจ้งเตือนขึ้นมาผ่านหน้าจออินเทอร์เน็ตเฟสผู้ใช้งาน รวมถึงเก็บข้อมูลเหตุการณ์นั้น ๆ ด้วย และสามารถควบคุมการเปิดปิด สั่งการอุปกรณ์จากอินเทอร์เน็ตเฟสผู้ใช้งานได้เช่นเดียวกัน โดยการออกแบบฮาร์ดแวร์นั้นต้องสอดคล้องกับงบประมาณ จำนวนจุดอินพุต เอาต์พุตที่ทำการเชื่อมต่อ เนื่องจากมีจำนวนจำกัดจึงต้องออกแบบให้ครอบคลุม และเรียนรู้ได้ในเบื้องต้นมากที่สุด ซึ่งผลจากการออกแบบเมื่อทำการพัฒนาเชื่อมต่อชุดอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล กับชุดแสดงผล ก็พบว่าระบบทุกอย่างสามารถทำงานอินพุตเอาต์พุต ได้ตาม I/O List ที่ได้ทำการออกแบบไว้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ หรือสาธิตด้านการบริหารจัดการระบบการจัดการสถานีรถไฟ ที่ใช้ระบบสกาดาในการควบคุมดูแลระบบต่าง ๆ ภายในสถานีรถไฟ เพื่อให้ความสะดวกสบายแก่ผู้โดยสาร และสามารถแก้ปัญหาจัดการได้อย่างทันท่วงทีเมื่อมีเหตุการณ์ต่าง ๆ

สรุปได้ว่าส่วนประกอบที่สำคัญต่อบริการคือหน่วยควบคุมระยะไกล (RTU) และอุปกรณ์ Remote IO ในขณะที่อัตราความล้มเหลวของเซิร์ฟเวอร์ หรืออุปกรณ์อื่นค่อนข้างต่ำกว่าหน่วยควบคุมระยะไกล สิ่งนี้สังเกตได้ว่าความน่าเชื่อถือจะดีขึ้นเมื่อมีการจัดเตรียมซ้ำซ้อนโมเดลสถาปัตยกรรมแบบที่ 4 ในขณะที่เซิร์ฟเวอร์ซ้ำซ้อนที่มีให้ในโมเดลสถาปัตยกรรมแบบที่ 3 ไม่ได้มีผลการปรับปรุงความเชื่อถือ ความพร้อมใช้งานมากเท่ากับ โมเดลสถาปัตยกรรมแบบที่ 4 ตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ 3.4.5 อัตราความล้มเหลวที่มีประสิทธิผลของการกำหนดค่าซ้ำซ้อนอาจเป็นแนวทางอื่นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

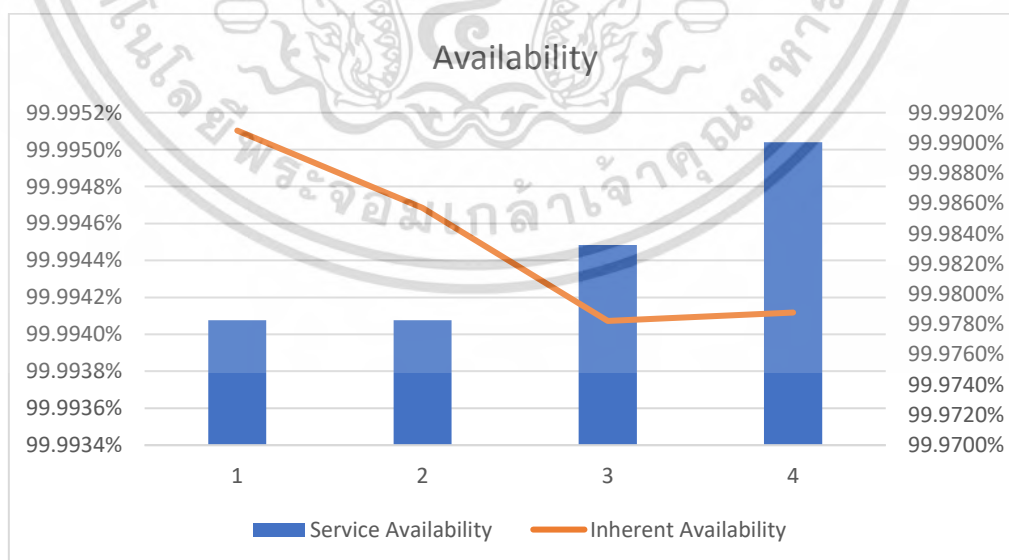
สะท้อนความเป็นจริงมากขึ้น เมื่อมีหน่วยสำรองพร้อมใช้งานอยู่เสมอ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับ
 รุ่นนี้เมื่อพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมการทำงานและการบำรุงรักษา

งานวิจัยนี้ได้ปรับแนวทางในการศึกษาและปรับปรุงระบบบำรุงรักษา (RAM) ของระบบสกาด
 ตา จากคำอธิบายของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสมมติฐานและข้อจำกัด การหาปริมาณความน่าเชื่อถือ ความ
 พร้อมใช้งาน บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือ (RBD) เกณฑ์ความล้มเหลวโครงสร้างระบบและการ
 คำนวณ นี้แสดงให้เห็นถึงแนวปฏิบัติทั่วไปสำหรับการศึกษา และปรับปรุงระบบบำรุงรักษาใน
 อุตสาหกรรมรถไฟ

ผลลัพธ์สำหรับแบบการออกแบบระบบสกาดตา และวิเคราะห์แบบจำลองความน่าเชื่อถือด้วย
 บล็อกไดอะแกรมความน่าเชื่อถือความน่าเชื่อถือ ในแต่ละโมเดลจำลอง สามารถสรุปไว้ในตารางด้านล่าง

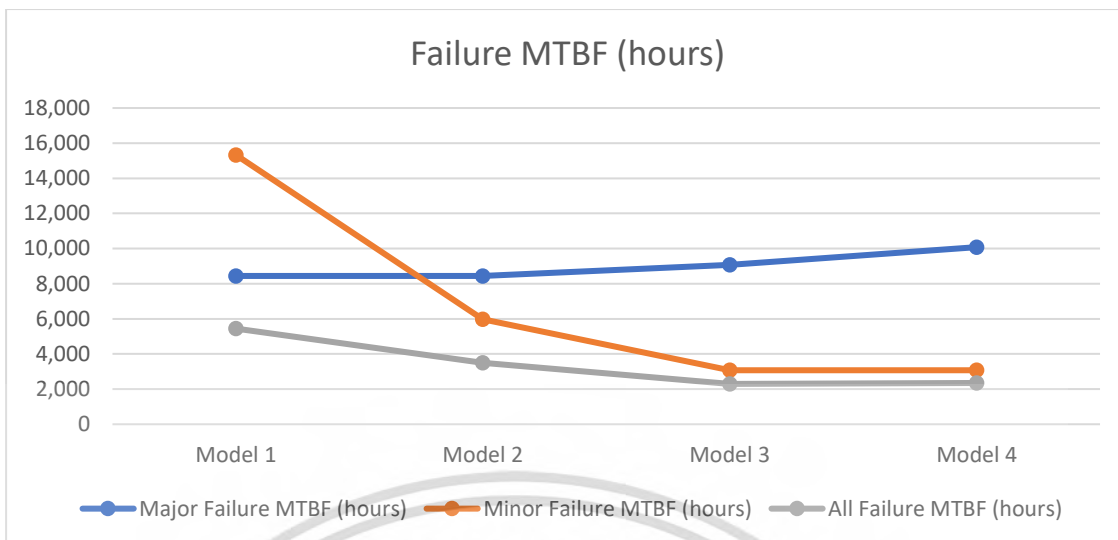
ตารางที่ 6.1 สรุปอัตราความล้มเหลว และความพร้อมใช้งานของระบบแต่ละโมเดล

Model	#1	#2	#3	#4
Major Failure MTBF (hours)	8,441	8,441	9,064	10,079
Minor Failure MTBF (hours)	15,327	5,969	3,074	3,074
All Failure MTBF (hours)	5,443	3,497	2,295	2,355
Service Availability	99.9941%	99.9941%	99.9945%	99.9950%
Inherent Availability	99.9908%	99.9857%	99.9782%	99.9788%



รูปที่ 6.1 ภาพแสดงสรุปความพร้อมใช้งานของแต่ละสถาปัตยกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 ภาพแสดงสรุปความล้มเหลวของแต่ละสถาปัตยกรรม

6.2. อุปสรรคและการแก้ไข

ในการเบิกจ่ายงบประมาณเป็นไปด้วยความล่าช้า ทำให้การจัดซื้อจัดจ้างชุดอุปกรณ์นั้นเป็นไปด้วยความล่าช้าไปด้วยเช่นเดียวกัน ทำให้ระยะเวลาในการพัฒนานั้นอาจมีความกระชั้นมากขึ้น และไม่สามารถจัดซื้ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และเครือข่าย เนื่องจากปัญหาด้านงบประมาณในขณะนั้น ไม่เพียงพอ ในส่วนของจัดซื้อชุดอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล และชุดแสดงผลอุปกรณ์ภายในสถานีรถไฟ ทำให้สามารถจัดซื้อได้เพียงหนึ่งชุด และด้วยข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนจุดในการเชื่อมต่อ อินพุตเอาต์พุตนั้น ไม่ครอบคลุมทุกฟังก์ชันในการใช้งานในแต่ละระบบ หรือเสมือนที่ใช้งานจริงในสถานีรถไฟที่มีเป็นจำนวนมากตามขนาดของสถานี แต่ก็ใช้การคำนวณ หรือจำลองมาช่วยชดเชยในส่วนที่ไม่เพียงพอ

ในส่วนของในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อวิเคราะห์และพัฒนาซอฟต์แวร์ก็ประสบปัญหาเรื่องความล่าช้าของข้อมูลที่ได้รับมอบจากรถไฟแห่งประเทศไทย (ข้อมูลสถานีรถไฟบางบำหรุ) ซึ่งแก้ไขโดยการนำข้อมูลของสถานี หรือระบบที่ใกล้เคียงกันจากสถานีอื่น ในประเทศและต่างประเทศ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุม และถูกต้องที่สุด

6.3. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการพัฒนาของระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาระบบสากาตาในอนาคต คือ การนำระบบปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้กับระบบสากาตาสำหรับรถไฟ รวมถึงต้องคำนึงถึงด้านความปลอดภัย (Safety) ความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cybersecurity) และการโจมตีจากภายนอก (Hacker) ควบคู่กันไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. A. Boyer, “Scada: Supervisory Control and Data Acquisition,” 4th edition, The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2016.
- [2] R. Baumann and R. Amitirigala, “New generation of SCADA systems for the Swiss Federal Railways,” In proceedings of International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, pp. 194-201, 2002.
- [3] T. A. Loades, “SCADA & RELATED TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS,” Proc. of the 3rd IET Professional Development Course on Railway Electrification Infrastructure and Systems, pp. 1697–1700, 2007.
- [4] A. S. Prokhorov, M. A. Chudinov and S. E. Bondarev, “Control systems software implementation using open source SCADA-system OpenSCADA,” In proceedings of 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, pp. 220–222, 2018.
- [5] F. Espinoza, M. Mar, E. Ramirez and J. Noel, “Control of real power in a synchronous machine using a SCADA system in a smart grid,” In Proceedings of 2016 IEEE ANDESCON, 2016.
- [6] A. A. Kuznetsov, A. A. Lavrukhin and M. A. Kuznetsova, “Schemes and problems of scada system for electrical energy control on railway rolling stock,” 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), St. Petersburg, 2017, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICIEAM.2017.8076210.
- [7] I. Lopez, M. Aguado, C. Pinedo and E. Jacob, “SCADA Systems in the Railway Domain: Enhancing Reliability through Redundant MultipathTCP,” 2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems, Las Palmas, 2015, pp. 2305–2310, doi: 10.1109/ITSC.2015.372.
- [8] Z. Li, L. Xu, J. Fang, Q. Peng and M. Wang, “Research on the surrounding traffic flow of railway station based on License Plate Recognition and fuzzy matching,” In proceedings of Business Management and Electronic Information, pp. 873–876, 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [9] L. Gongyuan, X.Rui, H. Dong, “Study on High-Speed Railway Station Operation Simulation System,” In proceedings of 2010 Third International Conference on Information and Computing, pp. 179–182, 2010.
- [10] A. Vijittanasan, T. Anuwongpinit, S. Saeiao, W. Triampitak, B. Purahong, and V. Chutchavong, “Intelligent Management System for Railway Station,” In Proceedings of 5th International Congress on Engineering and Information, 2015.
- [11] P. Samootrut, M. Lertwatechakul, S. Tongkrait, T. Anuwongpinit, A. Vijittanasan and V. Chutchavong, “On development of train control and signaling simulation,” 2016 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), Gyeongju, 2016, pp. 671–74, doi: 10.1109/ICCAS.2016.7832391.
- [12] S. U. Abdi, K. Iqbal and J. Ahmed, “Development of PC-based SCADA training system,” 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Taipei, 2016, pp. 1192–1197, doi: 10.1109/ICIT.2016.7474923.
- [13] S. Sahin, M. Olmez and Y. Isler, “Microcontroller-Based Experimental Setup and Experiments for SCADA Education,” in IEEE Transactions on Education, vol. 53, no. 3, pp. 437–444, Aug. 2010, doi: 10.1109/TE.2009.2026739.
- [14] M. Thomas, P. Kumar and V. Chandna, “Design, development and commissioning of a supervisory control and data acquisition (SCADA) laboratory for research & training,” IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2004, Denver, CO, 2004, pp. 1186 Vol.1-, doi: 10.1109/PES.2004.1373039.
- [15] V. Chutchavong, T. Anuwongpinit, S. ThongKrait, A. Vijittanasan, T. Pume and M. Lertwatechakul, “Development of High-Speed Railway System Teaching Platform in Thailand,” 2020 6th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST), Chiang Mai, Thailand, 2020, pp. 1–4, doi: 10.1109/ICEAST50382.2020.9165467.
- [16] M. Lertwatechakul, T. Anuwongpinit, S. ThongKrait, A. Vijittanasan, S. Doungpan and V. Chutchavong, “Railway Service Planning System: case study Thailand first high speed railway,” 2020 6th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST), Chiang Mai, Thailand, 2020, pp. 1–4, doi: 10.1109/ICEAST50382.2020.9165496.
- [17] State Railway of Thailand, 2020. Construction Supervision Of Mass Transit System Project In Bangkok (Red Line) Bang Sue-Rangsit Section. [online] Bangsue-

rangsitredline.com. Available at: <http://www.bangsue-angsitredline.com/media_en.php> [Accessed 24 September 2020].

- [18] British Standard, Reliability block diagram and Boolean methods. EN 61078, 2006.
- [19] European Committee for Electrotechnical Standardization, EN50126, September 1999
- [20] Department of Defense United States of America, Military Handbook Reliability Prediction of Electronic Equipment (MIL-HDBK-217F), December 1991
- [21] European Committee for Electrotechnical Standardization, EN60300-3-11, November 2009
- [22] Department of Defense United States of America, Military Handbook Reliability Prediction of Electronic Equipment (MIL-HDBK-338B), December 1991
- [23] P. Kaewsarn, Improvement of Dependability of Metro System by Maintenance Activity. September 2017



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] **A. Vijittanasan**, T. Anuwongpinit, B. Purahong and V. Chutchavong, "Development of Thailand Railway Station Management Training System based on SCADA System Simulation," International Journal of Simulation Systems, Science & Technology, vol. 21, No. 4, 2020.
- [2] **A. Vijittanasan**, T. Anuwongpinit, S. Saeiao, W. Triampitak, B. Purahong and V. Chutchavong, "Intelligent Management System for Railway Station" International Congress on Engineering and Information, May 2015, Kyoto, Japan.
- [3] **A. Vijittanasan**, S. Saeiao, T. Anuwongpinit, P. Samootrut, B. Purahong and V. Chutchavong, "On Study of Railway Signaling Simulation in Thailand" International Congress on Engineering and Information, May 2015, Kyoto, Japan.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายอลงกรณ์ วิจิตรธนสาร
วัน เดือน ปีเกิด	14 กันยายน 2520 ที่กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	99/74 หมู่บ้านมั่นคงนา ซอยประชาอุทิศ 72 แขวง ทุ่งครุ เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
ประวัติการศึกษา	2541 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ 2543 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2549 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1.) ระบบสกาตาและการจ่ายไฟฟ้าสำหรับระบบรถไฟ (SCADA and Railway Electrification) 2.) ระบบอาณัติสัญญาณ (Railway Signaling system) 3.) ระบบสื่อสารสำหรับรถไฟ (Railway Communication System)
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ.2546-2557	ตำแหน่งวิศวกรโครงการอาวุโส สังกัดแผนกสกาตาและการสื่อสาร บริษัทซีเมนส์ จำกัด (Siemens ltd.) - ผลงานการออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบ ระบบสกาตาและการสื่อสาร ใน โครงการรถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคล (สายสีเงิน) และ รถไฟฟ้าแอร์พอร์ต เรลลิงก์ (ARL) - ผลงานการติดตั้ง และทดสอบระบบจ่ายไฟฟ้ารางที่สาม (750 VDC) และ สถานีจ่ายไฟฟ้า (69,24KV) ในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว (BTS) ส่วนต่อ ขยายบางหว้า
พ.ศ.2557-2559	ตำแหน่งวิศวกรหลัก (SCADA Principle Engineer: Technical Manager) บริษัท เอสที อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด ผลงานการออกแบบ ติดตั้ง ทดสอบ ทดสอบเสมือนจริง และควบคุมระบบ สกาตา ในโครงการรถไฟฟ้ามหานครสายฉลองรัชธรรม (สายสีม่วง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พ.ศ.2560-2562 ตำแหน่งหัวหน้าวิศวกร (Lead Engineer) แผนก Wayside and Comm. บริษัทบอมบาร์ดีเออร์ จำกัด (Bombardier)
- ผลงานการออกแบบระบบเพาเวอร์สกาดา ในโครงการ รถไฟฟ้าสายสีชมพู (แคราย-มีนบุรี) สายสีเหลือง (ลาดพร้าว-สำโรง) และโครงการในต่างประเทศ
 - พัฒนาด้านระบบควบคุมทางวิ่งสำหรับรถไฟฟ้าโมโนเรล ที่ใช้ในโครงการ ในรถไฟฟ้าสายสีชมพู และสายสีเหลือง
 - มีส่วนร่วมในการออกแบบระบบ สำหรับระบบรถไฟฟ้าในเมือง และรถไฟความเร็วสูงในหลายๆ โครงการทั้งในประเทศ และต่างประเทศ
- พ.ศ.2562-ปัจจุบัน ตำแหน่งวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ (Specialist Engineer) แผนก Hub Railway Electrification บริษัทซีเมนส์ โมบิลิตี (Siemens Mobility)
- ผลงานการออกแบบ ติดตั้ง ทดสอบ และทดสอบเสมือนจริง สำหรับระบบ สกาดา ในโครงการรถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคลส่วนต่อขยาย (สายสีเงิน)
 - มีส่วนร่วมในการออกแบบระบบรถไฟในเมือง สำหรับรถไฟความเร็วต่ำ จนถึงรถไฟความเร็วสูง ทั้งใน และต่างประเทศ
- พ.ศ.2560-ปัจจุบัน อาจารย์พิเศษสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- สอนวิชาระบบอาณัติสัญญาณ (Railway Signaling)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้