ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด

A SMART SCADA SYSTEM FOR INTERSECTION TUNNEL

ชัยชนะ ทิมให้ผล
CHAICHANA TIMHAIPOL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-020-126

ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด

A SMART SCADA SYSTEM FOR INTERSECTION TUNNEL

ชัยชนะ ทิมให้ผล
CHAICHANA TIMHAIPOL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559
KMITL-2016-EN-M-020-126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A SMART SCADA SYSTEM FOR INTERSECTION TUNNEL

CHAICHANA TIMHAIPOL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016
KMITL-2016-EN-M-020-126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด
Thesis Title A Smart SCADA System for Intersection Tunnel
นักศึกษา นายชัยชนะ ทิมให้ผล
รหัสประจำตัว 54610635
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-020-126

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สมชาติ	จิริวิภากร	
ผศ.ดร.ชาย	ชมภูอินไหว	
รศ.ดร.กีรติ	ชยะกุลคีรี	
รศ.ดร.มณฑล	ลีลาจินดาไกรฤกษ์	
ผศ.ดร.เชาว์	ชมภูอินไหว	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 14.00-16.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด
นักศึกษา	นายชัยชนะ ทิมให้ผล
รหัสประจำตัว	54610635
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอระบบสกาด้า (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA) สำหรับประยุกต์ใช้ในอุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจรที่ถนนสายเลี่ยงเมืองบ้านทุ่งเสี้ยว-บ้านสันป่าตอง-บ้านหางดง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อควบคุมตรวจสอบสถานะการทำงานและป้องกันการเกิดน้ำท่วมอุโมงค์ทางลอด เนื่องจากลักษณะพื้นที่ด้านใต้อุโมงค์ทางลอด มีทางน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด (A Smart SCADA System for Intersection Tunnel) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงความเสียหายที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที โดยระยะทางจากศูนย์ควบคุมจราจรและอุโมงค์ทางลอดมีระยะไกลอยู่ห่างกันประมาณ 30 กิโลเมตร การใช้ระบบสกาด้าเพื่อควบคุมการทำงานและตรวจสอบสถานะของอุโมงค์ทางลอดโดยใช้พีแอลซี (Programmable Logic Controller, PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลการทำงาน การส่งข้อมูลไร้สายระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเอดีเอสแอล (Asymmetric Digital Subscribers Line, ADSL) ของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตบริษัท ทริปเปิลที (3BB) โดยใช้ VPN Router (Virtual Private Network) ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างศูนย์ควบคุมจราจรกับเครือข่ายทางด้านอุโมงค์ทางลอดเพื่อควบคุมและแสดงผลการทำงานบนหน้าจอสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Smart SCADA System for Intersection Tunnel
Student	Mr. Chaichana Timhaipol
Student ID.	54610635
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Chow Choompoo-inwai

Abstract

This thesis presents SCADA system (Supervisory Control And Data Acquisition) which used in Intersection tunnel at Ban Tung Seaw – Ban San Pa Tong - Ban Hang Dong by pass in Mae Wang, Chiang Mai for control, monitor and protect the tunnel flooding because of nearby tunnel always have water flowing. Therefore A Smart SCADA System for Intersection Tunnel used to prevent and avoid any quickly damage in tunnel. Although distance between a traffic control center and intersection tunnel quite far around 30 kilometers but user can control and monitor system via PLC (Programmable Logic Controller) which processed by programming. The data from crossing tunnel will show on screen at the traffic control center via internet ADSL (Asymmetric Digital Subscribers Line) internet service provider company Triple T (3BB) using VPN Router (Virtual Private Network) connect network between the traffic control center and network of intersection tunnel for control and display on the screen SCADA at the traffic control center.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ถ้าไม่ได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจากผู้มีอุปการะคุณทุกท่านจึงขอกล่าวขอบพระคุณสำหรับผู้มีอุปการะคุณทุกท่านเหล่านี้

กราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่น้องและผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงเป็นอย่างมากที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงดูสอนลูกให้เป็นคนดีและมอบโอกาสในการศึกษามาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว ที่ให้โอกาสจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คอยให้ความรู้ แนะนำสั่งสอน ให้ความเอาใจใส่ระหว่างการจัดทำเสมอมาขอขอบพระคุณอย่างสูง

กราบขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้ความรู้ต่อผู้จัดทำโครงงานซึ่งมีประโยชน์ต่อการนำมาใช้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณพี่ระดับปริญญาโทและปริญญาเอก เพื่อนในระดับปริญญาโทด้วยกันที่ประจำอยู่ในห้องห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสื่อสาร (ESIRC) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำต่างๆ และบริษัทเอเชียเทค พาวเวอร์ คอนโทรล จำกัด ที่มอบโอกาสในการทำงานครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง ขอให้สิ่งศักดิ์จงอวยพรให้ทุกท่านมีความสุขและจงมีสุขภาพแข็งแรงด้วยเทอญ

ชัยชนะ ทิมให้ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I
Abstract II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูป IX
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2.1 พีแอลซี 5
2.1.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของพีแอลซี 6
2.1.2 ภาษาที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรม 9
2.2 สกาด้า 13
2.2.1 ระบบสกาด้า 13
2.2.2 โครงสร้างของระบบสกาด้า 14
2.2.3 หน้าที่การทำงานของระบบสกาด้า 16
2.2.4 ประโยชน์ของระบบสกาด้า 18
บทที่ 3 การออกแบบระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด
3.1 แนวคิดและหลักการทำงานของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด 21
3.1.1 ระบบปั๊มสูบน้ำ 23
3.1.2 ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS 26
3.1.3 ระบบแสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอด 27
3.1.4 ระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร 29
3.1.5 ระบบไฟสัญญาณจราจร 30
3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 31
3.3 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 34
3.3.1 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 34
3.3.2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 2 41
3.4 การออกแบบการสื่อสารของระบบสกาด้า 44
3.5 การออกแบบซอร์ฟแวร์ของระบบสกาด้า 48
3.5.1 ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13 48
3.5.2 ขั้นตอนการออกแบบซอร์ฟแวร์สกาด้า 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 แสดงผลระบบปั๊มสูบน้ำ 67

4.1.1 โหมดการทำงานของปั๊มสูบน้ำ 67

4.1.2 สถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำ 68

4.1.3 สถานะของระดับน้ำ 69

4.1.4 สถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์ 70

4.1.5 การตั้งหน่วงเวลาเตือนภัยระดับน้ำ 70

4.1.6 การทำงานของปั๊มสูบน้ำในแต่ละวัน 71

4.1.7 ตารางแสดงสถานะของระบบปั๊มสูบน้ำ 72

4.2 แสดงผลระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS 74

4.2.1 ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 74

4.2.2 สถานะการทำงานและระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 75

4.2.3 สถานะการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 76

4.2.4 แสดงผลกราฟทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 76

4.2.5 สถานะการทำงานและค่าพารามิเตอร์ของ ATS 77

4.2.6 ตารางแสดงสถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS 77

4.3 แสดงผลระบบแสงสว่างใต้ทางลอด 79

4.3.1 ตำแหน่งของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร 79

4.3.2 ช่วงเวลาการทำงานของวงจรแสงสว่าง 80

4.3.3 ตารางแสดงผลการทำงานของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร 81

4.4 แสดงผลระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร 82

4.4.1 โหมดการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร 82

4.4.2 สถานะการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร 83

4.4.3 ตารางแสดงผลการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร 84

4.5 แสดงผลระบบไฟสัญญาณจราจร 85

4.5.1 สถานะการทำงานของไฟสัญญาณจราจร 85

4.5.2 ตารางแสดงผลการทำงานของไฟสัญญาณจราจร 86

4.6 แสดงผลการเตือนภัย 87

4.7 แสดงผลการเก็บบันทึกข้อมูล 89

4.7.1 ตารางแสดงผลเก็บข้อมูลการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอด 89

4.7.2 เรียกดูไฟล์ข้อมูล 91

บทที่ 5 สรุปผล

5.1 สรุปผล 93

5.2 แนวทางการนำไปพัฒนา 94

เอกสารอ้างอิง 95

ภาคผนวก ก 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข 116
ประวัติผู้เขียน 123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ลำดับขั้นตอนทำวิจัย 3
2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบควบคุมทางไฟฟ้าและระบบพีแอลซี 6
3.1 โหมดการทำงานของปั๊มสูบน้ำ 23
3.2 การทำงานโหมดอัตโนมัติของปั๊มสูบน้ำ 24
3.3 เงื่อนไขสลับการทำงานของปั๊มสูบน้ำ 25
3.4 รายละเอียดของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 32
3.5 รายละเอียดของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 2 33
3.6 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Power Supply Module 35
3.7 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Ethernet Switch Module 35
3.8 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Communication Module 1 36
3.9 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Communication Module 2 36
3.10 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าอินพุตของพีแอลซี 1 CPU 1214C 37
3.11 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าเอาท์พุตของพีแอลซี 1 CPU 1214C 38
3.12 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Input Module 1 39
3.13 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Input Module 2 40
3.14 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Output Module 3 41
3.15 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าอินพุตของพีแอลซี 2 CPU 1212C 42
3.16 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าเอาท์พุตของพีแอลซี 2 CPU 1212C 42
3.17 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 2 Digital Output Module 1 43
3.18 อุปกรณ์การสื่อสารข้อมูลและหมายเลข IP Address 45
3.19 คุณลักษณะคอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้า 45
3.20 คุณลักษณะของ VPN Router ยี่ห้อ Mikrotik โมเดล RB450G 46
3.21 คุณลักษณะของ ADSL Router ยี่ห้อ 3BB โมเดล NT3BB-1PWN-124 47
3.22 ฟังก์ชั่นหลักของซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13 48
3.23 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Start 49
3.24 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Devices & Networks 50
3.25 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น PLC programming 50
3.26 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Motion & Technology 51
3.27 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Visualization 52
3.28 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Online & Diagnostics 53
4.1 โครงสร้างการแสดงผลของหน้าจอระบบสกาด้า 65
4.2 สถานะซีเลคเตอร์สวิตช์ของปั๊มสูบน้ำ 68
4.3 แสดงผลกราฟฟิกของระดับน้ำ 69
4.4 สถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำ 72
4.5 สถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำโหมดอัตโนมัติ 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.6 สถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์ 73
4.7 สถานะของระดับน้ำ 73
4.8 สถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 75
4.9 สถานะระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 75
4.10 แสดงผลกราฟฟิกการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 76
4.11 สถานะการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 78
4.12 สถานะระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 78
4.13 ตำแหน่งการทำงานของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร 80
4.14 ช่วงเวลาการทำงานของวงจรแสงสว่าง 81
4.15 แสดงผลการทำงานของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร 82
4.16 สถานะการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร 83
4.17 แสดงผลกราฟฟิกการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร 83
4.18 แสดงผลการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร 84
4.19 แสดงผลกราฟฟิกการทำงานของไฟสัญญาณจราจร 86
4.20 แสดงผลการทำงานของไฟสัญญาณจราจร 86
4.21 แสดงข้อความแจ้งเตือนภัย 87
4.22 แสดงข้อความการเก็บบันทึกข้อมูล 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การทำงานของพีแอลซี	5
2.2	โครงสร้างของพีแอลซี	7
2.3	พีแอลซีขนาดเล็ก	7
2.4	พีแอลซีขนาดใหญ่	7
2.5	หลักการทำงานของหน่วยประมวลผล	8
2.6	อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต	9
2.7	อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณเอาท์พุต	9
2.8	อุปกรณ์ป้อนข้อมูลและโปรแกรมคำสั่งพีแอลซี	9
2.9	ภาษาวงจรขั้นบันได	10
2.10	ภาษาการทำงานแบบกล่อง	10
2.11	ภาษาในรูปแบบข้อความ	11
2.12	ภาษาระดับสูง	11
2.13	ภาษาแสดงการทำงานแบบต่อเนื่อง	12
2.14	การเชื่อมต่อระบบสกาด้าพื้นฐานแบบระบบเครือข่าย Ethernet	13
2.15	แสดงกราฟฟิกระบบสกาด้าโดยใช้ซอร์ฟแวร์ TIA Portal V13	14
2.16	โครงสร้างฮาร์ดแวร์ของระบบสกาด้า	15
2.17	โครงสร้างซอร์ฟแวร์ของระบบสกาด้า	15
2.18	การจัดการกราฟฟิกของซอร์ฟแวร์สกาด้า	17
2.19	การพล็อตกราฟต่อเนื่อง	17
2.20	การแจ้งเตือนของซอร์ฟแวร์สกาด้า	18
3.1	อุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจร	21
3.2	หลักการทำงานของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด	22
3.3	การทำงานของพีแอลซี 1	23
3.4	การทำงานของพีแอลซี 2	23
3.5	ปั๊มสูบน้ำและสวิตช์ลูกลอยระดับน้ำ	24
3.6	เงื่อนไขสลับการทำงานของปั๊มสูบน้ำ	25
3.7	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	26
3.8	ATS	27
3.9	การทำงานของ ATS	27
3.10	โคมไฟใต้อุโมงค์ทางลอด	28
3.11	ตำแหน่งของวงจรแสงสว่าง	28
3.12	หลักการทำงานของระบบแสงสว่างใต้ทางลอดตามช่วงเวลา	28
3.13	ไม้กระดกกั้นทางจราจร	29
3.14	หลักการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจรอัตโนมัติ	29
3.15	ไฟจราจรสัญญาณจราจร	30
3.16	หลักการทำงานของไฟสัญญาณจราจรอัตโนมัติ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.17	ตู้ควบคุมพีแอลซี 1	31
3.18	ตู้ควบคุมพีแอลซี 2	31
3.19	พีแอลซี 1	32
3.20	พีแอลซี 2	33
3.21	แสดงการเชื่อมต่อโมดูลของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1	34
3.22	วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Power Supply Module	34
3.23	วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Ethernet Switch Module	35
3.24	วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Communication Module 1	36
3.25	วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Communication Module 2	36
3.26	วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 CPU 1214C	37
3.27	วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Input Module 1	38
3.28	วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Input Module	39
3.29	วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Output Module 3	40
3.30	แสดงการเชื่อมต่อโมดูลของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 2	41
3.31	วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 2 CPU 1212C	42
3.32	วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 2 Digital Output Module 1	43
3.33	การออกแบบการสื่อสารของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด	44
3.34	คอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้า	45
3.35	VPN Router ยี่ห้อ Mikrotik โมเดล RB450G	46
3.36	ADSL Router ยี่ห้อ 3BB โมเดล NT3BB-1PWN-124	46
3.37	ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13	48
3.38	ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Start	49
3.39	ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Devices & Networks	50
3.40	ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น PLC programming	51
3.41	ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Motion & Technology	52
3.42	ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Visualization	53
3.43	ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Online & Diagnostics	54
3.44	ขั้นตอนการออกแบบระบบสกาด้าโดยใช้ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13	54
3.45	ขั้นตอนการออกแบบ Create new project	55
3.46	การเลือกอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีในซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13	56
3.47	การเลือกอุปกรณ์แสดงผลในซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13	56
3.48	การตั้งค่าอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1	57
3.49	การตั้งค่าอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 2	57
3.50	การตั้งค่าอุปกรณ์แสดงผล	58
3.51	การตั้งค่าระบบเครือข่าย	58
3.52	คำสั่งโปรแกรมพีแอลซีของซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.53	หน้าซอร์ฟแวร์การเขียนโปรแกรมแลดเดอร์	59
3.54	การตั้งค่าแท็กเพื่อกำหนดแอสเดรสในการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์	59
3.55	คำสั่งเริ่มต้นการออกแบบหน้าจอแสดงผลระบบสกาด้า	60
3.56	หน้าซอร์ฟแวร์การออกแบบหน้าจอแสดงผลระบบสกาด้า	60
3.57	การดาวน์โหลดโปรแกรมคำสั่งพีแอลซี	61
3.58	การแสดงผลระบบสกาด้า	61
4.1	ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด	63
4.2	แสดงผลกราฟฟิกการทำงานของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด	64
4.3	แสดงผลระบบปั๊มสูบน้ำ	67
4.4	โหมดการทำงานของปั๊มสูบน้ำ	68
4.5	แสดงสถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำ	69
4.6	แสดงสถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์	70
4.7	การตั้งหน่วงเวลาเตือนภัยระดับน้ำที่ 3 กับระดับน้ำที่ 4	71
4.8	คำสั่งแสดงการทำงานของปั๊มสูบน้ำในแต่ละวัน	71
4.9	สถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำในแต่ละวัน	72
4.10	ตารางแสดงสถานะของระบบปั๊มสูบน้ำ	72
4.11	แสดงผลระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS	74
4.12	ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	75
4.13	แสดงสถานะการทำงานและระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	75
4.14	แสดงผลกราฟทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	76
4.15	แสดงสถานะการทำงานและค่าพารามิเตอร์ของ ATS	77
4.16	ตารางแสดงสถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS	78
4.17	แสดงผลระบบแสงสว่างใต้ทางลอด	79
4.18	ตารางแสดงสถานะการทำงานของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร	81
4.19	แสดงผลระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร	82
4.20	โหมดการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร	83
4.21	ตารางแสดงสถานะการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร	84
4.22	แสดงผลระบบไฟสัญญาณจราจร	85
4.23	ตารางแสดงสถานะการทำงานของไฟสัญญาณจราจร	86
4.24	แสดงสัญญาณเตือนภัยต่างๆ	87
4.25	แสดงผลการเก็บบันทึกข้อมูล	88
4.26	แสดงโฟลเดอร์การเก็บบันทึกข้อมูล	92
4.27	แสดงการจัดเก็บข้อมูลไฟล์เอ็กเซล	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันระบบควบคุมอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาททั้งในกระบวนการอุตสาหกรรม ความต้องการในการประหยัดพลังงาน การลดต้นทุน ระบบป้องกันและการเตือนภัยต่างๆ ดังนั้นการนำระบบสกาด้าเข้ามาใช้ในการแสดงสถานะการทำงานและควบคุมระบบอัตโนมัติได้อย่างถูกต้อง สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อวางแผนและแก้ไขสถานการณ์ได้อย่างทันที

ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดได้ถูกออกแบบและนำมาใช้ควบคุมตรวจสอบสถานะการทำงานของอุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจรที่ถนนสายเลี่ยงเมืองบ้านทุ่งเสี้ยว-บ้านสันป่าตอง-บ้านหางดง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากลักษณะพื้นที่ด้านใต้อุโมงค์ทางลอด มีทางน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ต้องมีระบบการสูบน้ำออกจากอุโมงค์ทางลอดอัตโนมัติเพื่อป้องกันการเกิดน้ำท่วมใต้อุโมงค์ทางลอด มีสัญญาณเตือนภัยไปแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมจราจรในกรณีที่เกิดเหตุขัดข้องเพื่อเตรียมการป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้น

ระบบการทำงานของอุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจรทำงานโดยรับคำสั่งจากพีแอลซี จากนั้นทำการรับและส่งข้อมูลไปแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านหน้าจอสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจร ประกอบไปด้วย 5 ระบบ ได้แก่ ระบบปั๊มสูบน้ำ ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเอทีเอส (Automatic Transfer Switch, ATS) ระบบแสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอด ระบบไม้กระดกกั้นทางจราจรและระบบไฟสัญญาณจราจร

ระยะทางจากศูนย์ควบคุมจราจรและอุโมงค์ทางลอดมีระยะไกลอยู่ห่างกันประมาณ 30 กิโลเมตร การเดินสายสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างอุโมงค์ทางลอดและศูนย์ควบคุมจราจรมีค่าใช้จ่ายที่สูงและใช้ระยะเวลาในการติดตั้งนาน ดังนั้นการส่งข้อมูลไร้สายระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ADSL ของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตบริษัท ทริปเปิลที (3BB) โดยใช้ VPN Router (Virtual Private Network) ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างเครือข่ายทางด้านศูนย์ควบคุมจราจรกับเครือข่ายทางด้านอุโมงค์ทางลอดให้เป็นเครือข่ายเดียวกัน ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายสัญญาณและระยะเวลาในการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ออกแบบเงื่อนไขการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดเพื่อเตือนภัยและป้องกันการเกิดน้ำท่วมอุโมงค์ทางลอดอย่างชาญฉลาด
2. เลือกอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีและออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานระบบอุโมงค์ทางลอด
3. เขียนโปรแกรมคำสั่งแลดเดอร์พีแอลซีควบคุมการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดตามเงื่อนไขการทำงาน
4. ออกแบบการสื่อสารไร้สายระยะไกลระหว่างคอมพิวเตอร์แสดงผลสกาด้ากับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีโดยใช้การสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ADSL
5. เขียนโปรแกรมสกาด้าสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี เพื่อควบคุมและแสดงผลการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยทำการสืบค้นจากฐานข้อมูล IEC, IEEE, ปริญญานิพนธ์ วิทยานิพนธ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องรวมถึงข้อมูลของอุปกรณ์ที่นำมาใช้
2. ศึกษาเงื่อนไขการทำงานของระบบของอุโมงค์ทางลอดเพื่อเตือนภัยและป้องกันการเกิดน้ำท่วมอุโมงค์ทางลอด
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมคำสั่งแลดเดอร์ควบคุมพีแอลซีควบคุมการทำงานระบบอุโมงค์ทางลอดโดยใช้ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13
4. ศึกษาการเขียนโปรแกรมสกาด้าสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี เพื่อควบคุมและแสดงผลการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดโดยใช้ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13
5. ศึกษาการสื่อสารข้อมูลระยะไกลไร้สายผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ADSL โดยใช้ VPN Router เชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างศูนย์ควบคุมจราจรกับเครือข่ายทางด้านอุโมงค์ทางลอด
6. ออกแบบหน้าจอแสดงผลระบบสกาด้าควบคุมและแสดงผลการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดเพื่อเตือนภัยป้องกันการเกิดน้ำท่วมอย่างชาญฉลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

ตารางที่ 1.1 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

การทำงาน	ปีการศึกษา					
	2556		2557		2558	
	ภาคเรียน		ภาคเรียน		ภาคเรียน	
	1	2	1	2	1	2
1. ค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมพีแอลซี						
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมสกาด้า						
4. ศึกษาการสื่อสารระยะไกลไร้สายผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ADSL						
5. ออกแบบเงื่อนไขโปรแกรมคำสั่งพีแอลซี						
6. ออกแบบหน้าจอแสดงผลระบบสกาด้า						
7. ทดสอบและสรุปผลการทดสอบ						
8. จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์						

การวางแผน การปฏิบัติงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบระบบสกาด้าสำหรับประยุกต์ใช้ในอุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจร เพื่อควบคุมและแสดงผลการทำงานระยะไกลผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ADSL โดยระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดมีประโยชน์ดังนี้

1. การเขียนโปรแกรมแลดเดอร์เพื่อควบคุมการทำงานของพีแอลซี
2. การออกแบบหน้าจอแสดงผลสกาด้าเพื่อควบคุมและแสดงผลการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอด
3. การติดต่อสื่อสารข้อมูลระยะไกลระหว่างคอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้ากับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ADSL
4. เงื่อนไขการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอด
5. พื้นฐานและความสามารถของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด
6. การทำงานให้สำเร็จจะต้องมีการวางแผนและความขยันหมั่นเพียร ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้
7. การนำระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดไปใช้งานจริงที่อุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจรถนนสายเลี่ยงเมืองบ้านทุ่งเสี้ยว-บ้านสันป่าตอง-บ้านหางดง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ทำให้ผู้ทดสอบมีได้รับประสบการณ์จริงในการศึกษาและออกแบบระบบสกาด้า

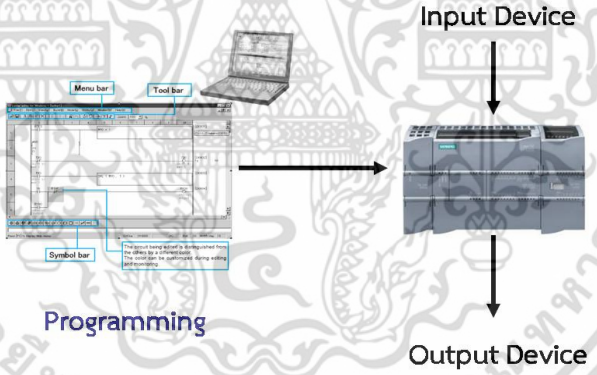
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พีแอลซี

พีแอลซีย่อมาจาก Programmable Logic Controller (PLC) มีต้นกำเนิดจากประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบกระบวนการต่างๆได้อย่างเอนกประสงค์แทนการควบคุมที่ใช้รีเลย์และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้อย่างง่าย โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน การควบคุมการทำงานสามารถทำได้โดยการป้อนโปรแกรมคำสั่งเข้าไปภายในพีแอลซีแสดงในรูปที่ 2.1 ประกอบด้วยส่วนสำคัญหลักดังนี้ หน่วยประมวลผล หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยอินพุตและเอาท์พุต นอกจากนี้พีแอลซีถูกเรียกชื่อแตกต่างกันในแต่ละประเทศดังนี้

พีซี (Programmable Controller, PC) เรียกกันในประเทศอังกฤษ
พีแอลซี (Programmable Logic Controller, PLC) เรียกกันในประเทศอเมริกา
พีบีเอส (Programmable Binary System, PBS) เรียกกันในกลุ่มประเทศสแกนดิเนเวีย



รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของพีแอลซี [1]

การใช้พีแอลซีสำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ ซึ่งจำเป็นต้องมีการเดินสายไฟหรือที่เรียกว่า Hard-Wired เมื่อมีความจำเป็นที่ต้องการเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่ ทำให้ต้องมีการเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งทำให้เสียเวลาและมีค่าใช้จ่ายที่สูงเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนมาใช้พีแอลซี มีความน่าเชื่อถือมากกว่าระบบเดิม ใช้กระแสไฟน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายหรือเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงาน ซึ่งข้อดีของพีแอลซีมีดังนี้

1. ทำให้ขนาดของระบบควบคุมเล็กลง ภายในพีแอลซีใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์แทนระบบควบคุมเดิมที่ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเช่น รีเลย์, ไทม์เมอร์, เคาเตอร์ เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีอยู่ในชุดคำสั่งในโปรแกรมพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้การเขียนโปรแกรมแทนการเดินสาย ระบบควบคุมที่เป็นวงจรควบคุมทางไฟฟ้านั้นมีการเดินสายระหว่างรีเลย์และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อประกอบกันเป็นวงจรการควบคุม แต่ระบบควบคุมที่มีพีแอลซีใช้การเขียนโปรแกรมลงในหน่วยความจำทำให้ไม่มีการเดินสายระหว่างอุปกรณ์ให้ยุ่งยาก

3. เปลี่ยนวงจรและขยายระบบได้ง่าย โปรแกรมพีแอลซีสามารถเปลี่ยนแปลงและแก้ไขได้ง่าย และการขยายระบบสามารถทำได้ง่ายเช่นกัน

4. ลดเวลาในการออกแบบ พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุมที่เป็นมาตรฐาน สามารถประกอบใส่ตู้ควบคุม การออกแบบวงจรและการโปรแกรมทำได้รวดเร็ว นอกจากนั้นยังสามารถทดสอบวงจรโดยการจำลองในโปรแกรม ทำให้การทดสอบวงจรเป็นไปด้วยความรวดเร็ว

5. พีแอลซีมีเสถียรภาพการทำงานดีกว่าขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า ชิ้นส่วนภายในของพีแอลซีประกอบด้วยอุปกรณ์ภายในที่เรียกว่า Solid-State โดยวงจรควบคุมไม่มีการเดินสายเช่นเดียวกับวงจรควบคุมทางไฟฟ้า ลดปัญหาเรื่องสายขาด หน้าสัมผัสหลวม หน้าสัมผัสไม่ดี

6. มีหน่วยชุดสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตหลายชนิด สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพของงาน เช่น สัญญาณอินพุตแบบหน้าสัมผัส, สัญญาณอินพุตแบบแรงดันไฟ สัญญาณเอาท์พุตแบบขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า สัญญาณเอาต์พุตแบบทรานซิสเตอร์และหน่วยชุดสัญญาณแบบทำงานต่อเนื่อง (Analog) เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบควบคุมทางไฟฟ้าและระบบพีแอลซี

คุณสมบัติ	ระบบควบคุมทางไฟฟ้า	ระบบพีแอลซี
ขนาด	ใหญ่	เล็ก
ความเร็วในการทำงาน	ช้า	เร็ว
สัญญาณรบกวน	ดีมาก	ดี
การติดตั้ง	ใช้เวลามาก	ใช้เวลาน้อย
การติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก	ทำได้ยาก	ทำได้ง่าย
การทำงานระบบที่สลับซับซ้อน	ยากและต้องใช้รีเลย์จำนวนมาก	ทำได้ง่ายและสะดวก
การควบคุมระบบ	ปรับเปลี่ยนแก้ไขเพิ่มเติมได้ยาก	ปรับเปลี่ยนแก้ไขเพิ่มเติมได้ง่าย
การบำรุงรักษา	ทำได้ยาก	ทำได้ง่าย
อายุการใช้งาน	น้อยกว่า เพราะมีส่วนของการเคลื่อนที่มากกว่า	มากกว่า เพราะมีส่วนของการเคลื่อนที่น้อย

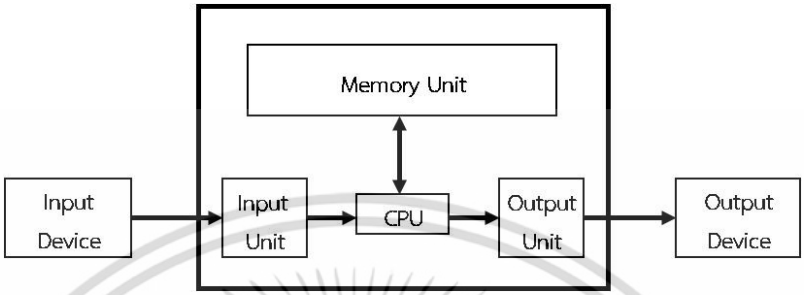
จากตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบควบคุมทางไฟฟ้าและระบบที่ควบคุมด้วยพีแอลซี สรุปได้ว่าระบบที่ควบคุมด้วยพีแอลซีมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบควบคุมทางไฟฟ้าหรือการเดินสายไฟฟ้า

2.1.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของพีแอลซี

พีแอลซีเป็นอุปกรณ์มีโครงสร้างคล้ายกับคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม มีส่วนประกอบหลักคือ หน่วยประมวลผล หน่วยความจำเก็บข้อมูล หน่วยอินพุตและหน่วยเอาท์พุต แสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีแอลซีขนาดเล็กแสดงในรูปที่ 2.3 ส่วนของวงจรในภาคต่างๆ ถูกแยกจากกัน เช่น แผ่นวงจรหน่วยประมวลผลกลางหน่วยความจำ แผ่นวงจรภาคสัญญาณอินพุตและเอาท์พุต เป็นต้น แล้วนำมาประกอบเป็นเครื่องเดียวกัน ส่วนโครงสร้างของพีแอลซีขนาดใหญ่แสดงในรูปที่ 2.4 มีส่วนประกอบที่มีลักษณะเป็นโมดูลเสียบอยู่ในช่องของชั้นติดตั้ง เพิ่มความสะดวกในการขยายระบบ การซ่อมบำรุงและการถอดหรือเปลี่ยนโมดูลทำได้ง่าย



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของพีแอลซี [1]

รูปที่ 2.3 พีแอลซีขนาดเล็ก [1]

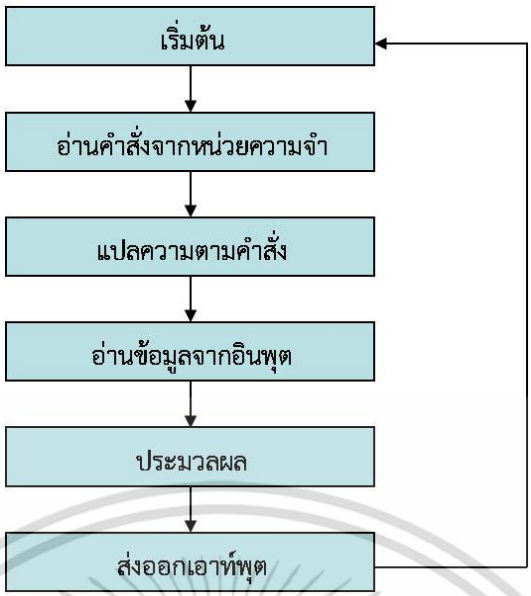
รูปที่ 2.4 พีแอลซีขนาดใหญ่ [1]

1. หน่วยประมวลผล (Central Processor Unit, CPU)

หน่วยประมวลผลทำหน้าที่ควบคุมและจัดการระบบการทำงานทั้งหมดภายในพีแอลซี ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Microprocessor-based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์ ไทม์เมอร์ เพื่อให้สามารถออกแบบวงจรแลดเดอร์ได้

หลักการทำงานของหน่วยประมวลผลทำการรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุทต่างๆ จากนั้นทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์เอาท์พุท จากนั้นวนกลับไปรับข้อมูลจากอินพุตเข้ามาแล้วทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆเรียกว่าการ แสกนไทม์ (Scan Time) แสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของหน่วยประมวลผล [1]

2. หน่วยความจำ (Memory Unit)

หน่วยความจำของพีแอลซีประกอบด้วยหน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมและข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซี ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซีตามโปรแกรมสามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้

RAM (Random Access Memory) ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซี หน่วยความจำประเภทนี้มีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เหมาะกับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ

ROM (Read Only Memory) ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซีตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง

3. หน่วยอินพุตและหน่วยเอาท์พุต (I/O Unit)

ในส่วนของหน่วยอินพุตและหน่วยเอาท์พุตต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรับสภาวะและสัญญาณต่างๆจากอุปกรณ์ภายนอก เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วส่งสัญญาณไปยังหน่วยประมวลผล เพื่อทำการประมวลผลตามที่โปรแกรมไว้ จากนั้นส่งสัญญาณไปยังหน่วยเอาท์พุตควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายนอก

สัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และอุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่างๆแสดงในรูปที่ 2.6 ถูกแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เหมาะสมและถูกต้องเพื่อส่งให้หน่วยประมวลผล

สัญญาณเอาท์พุตทำหน้าที่รับสัญญาณที่ได้จากหน่วยประมวลผล แล้วนำสัญญาณเหล่านี้ไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น รีเลย์ คอนแทคเตอร์ แสดงในรูปที่ 2.7 โดยปกติเอาท์พุตมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดมีการใช้กระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์อื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น เช่น รีเลย์ คอนแทคเตอร์ เป็นต้น

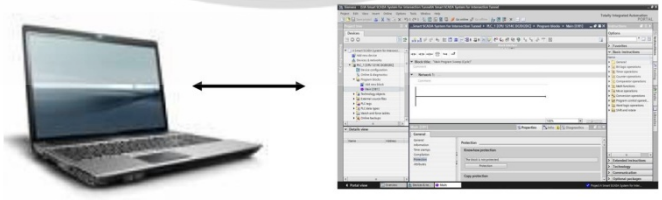
รูปที่ 2.6 อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต [1]

รูปที่ 2.7 อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณเอาท์พุต [1]

2.1.2 ภาษาที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรม

ภาษาที่ใช้ในเขียนโปรแกรมพีแอลซีเป็นภาษาที่สามารถเข้าใจง่ายและนำไปใช้ในการกำหนดหรือควบคุมสภาวะที่ต้องการได้ ควรเป็นภาษาที่มีความหมายใกล้เคียงกับฟังก์ชั่นที่ต้องการใช้งานและต้องไม่เป็นภาษาที่ซับซ้อนหรือต้องใช้เวลาเรียนรู้นาน ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมตามมาตรฐานกำหนดไว้ 5 ภาษา

โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนพีแอลซีสามารถใช้งานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป โปรแกรมสามารถกำหนดรายละเอียดพีแอลซีและแก้ไขโปรแกรมได้ทั้งแบบต่อพีแอลซีโดยตรงและไม่ได้ต่อพีแอลซี นอกจากนั้นยังสามารถจัดการทางด้านเอกสารของโปรแกรมได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

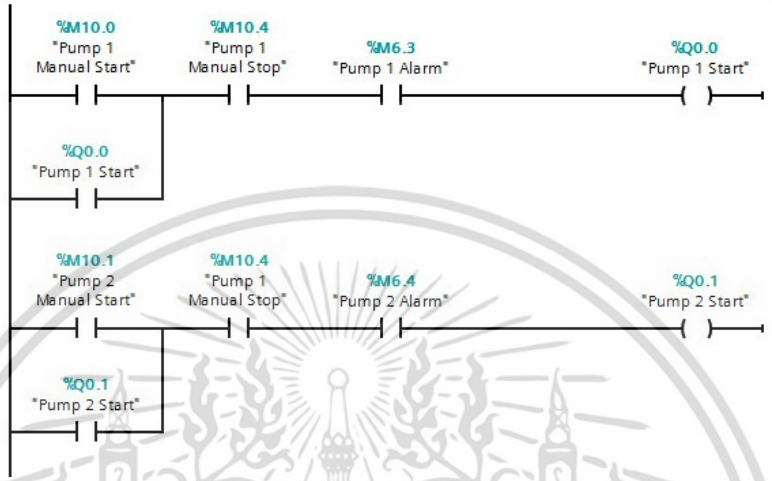


รูปที่ 2.8 อุปกรณ์ป้อนข้อมูลและโปรแกรมที่ใช้สำหรับเขียนพีแอลซี [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ภาษาวงจรขั้นบันได (Ladder diagram)

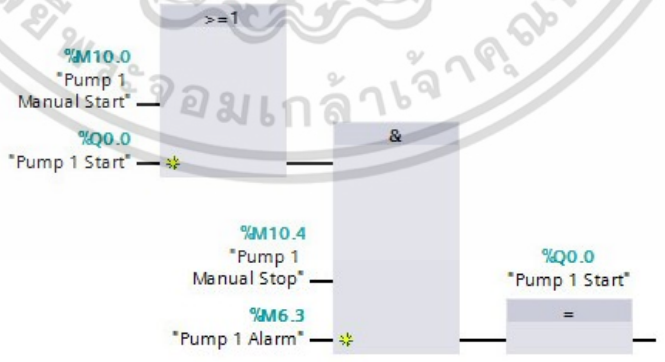
เป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของภาพ มีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมทางไฟฟ้า โดยเปลี่ยนสัญลักษณ์จากหน้าสัมผัสเป็นสัญลักษณ์ของวงจรขั้นบันได เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส ให้เป็นทางผ่านของกระแสและมีขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสัญญาณเอาท์พุต วงจรขั้นบันไดจะเริ่มจากซ้ายไปขวา ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ภาษาวงจรขั้นบันได [1]

2. ภาษาการทำงานแบบกล่อง (Function block diagram)

เป็นภาษาที่แสดงฟังก์ชั่นการทำงานในรูปของภาพและเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยการเขียนกำหนดรายละเอียดในรูปของฟังก์ชั่นบล็อกไดอะแกรมและมีพื้นฐานมาจากลอจิกไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ภาษาการทำงานแบบกล่อง [1]

3. ภาษาในรูปข้อความ (Instruction list)

เป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความและมีลักษณะคล้ายกับภาษาแอสเซมบลี ซึ่งภายในหนึ่งคำสั่งควบคุมประกอบด้วย ส่วนปฏิบัติการ และส่วนที่ถูกดำเนินการ ดังแสดงในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

รูปที่ 2.11 ภาษาในรูปแบบข้อความ [1]

4. ภาษาระดับสูง (Structure text)

เป็นภาษาในระดับสูงโดยมีพื้นฐานมาจากภาษา Pascal ซึ่งประกอบด้วยนิพจน์และคำสั่ง โดยคำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกทำงาน เช่น IF THEN ELSE เป็นต้น คำสั่งเกี่ยวกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR, WHILE เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.12

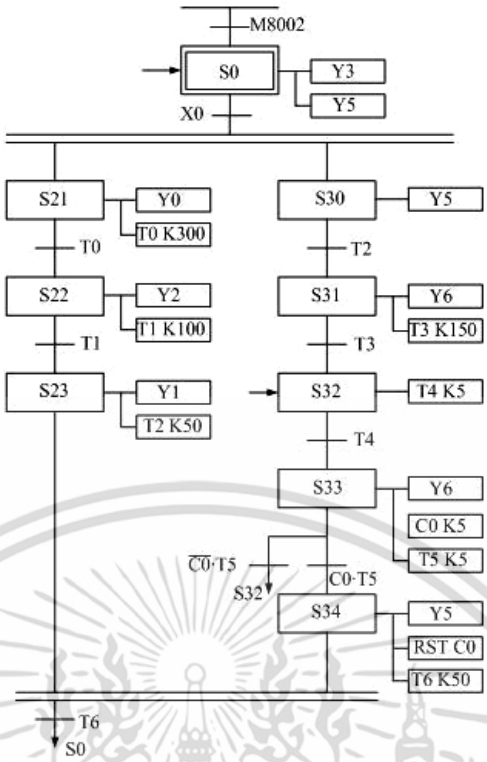
```
1 IF "TagIn_1" = false
2 THEN "TagIn_2" :=1;
3 END_IF;
4 IF "TagIn_2" = false
5 THEN "TagIn_3" :=1;
6 END_IF;
7
```

รูปที่ 2.12 ภาษาระดับสูง [1]

5. ภาษาแสดงการทำงานแบบต่อเนื่อง (Sequential Function Chart,SFC)

เป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานแบบต่อเนื่อง มีคำสั่งในการปฏิบัติการและเงื่อนไขที่กำหนดให้กระทำคำสั่งในแต่ละขั้นตอน สามารถกำหนดลักษณะการทำงานได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ภาษาแสดงการทำงานแบบต่อเนื่อง [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สกาด้า

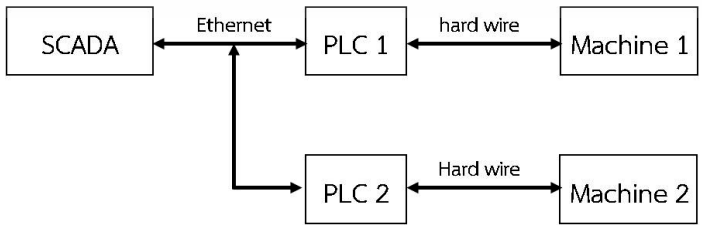
2.2.1 ระบบสกาด้า

ปัจจุบันระบบคอมพิวเตอร์มีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น ตั้งแต่อุตสาหกรรมและงานวิศวกรรมต่าง ๆ เช่น งานด้านโทรคมนาคมสื่อสาร การประปา การบำบัดน้ำเสีย การจัดการด้านพลังงาน อุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันและก๊าซ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ การขนส่ง กระบวนการนิวเคลียร์ในโรงไฟฟ้า เป็นต้น การนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานทำให้ผลของการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ระบบควบคุมแบบสกาด้าย่อมาจากคำว่า Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) เป็นระบบตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ real-time มีหน้าที่เชื่อมโยงเข้ากับอุปกรณ์ควบคุม เช่น พีแอลซี, คอนโทรลเลอร์ เป็นต้น ระบบสกาด้าเข้าไปมีส่วนในงานควบคุมทั้งเล็กและใหญ่ที่ต้องการแสดงผล แลกเปลี่ยนข้อมูลหรือควบคุมระบบต่างๆ เพื่อการทำงานของระบบรวมที่สัมพันธ์กัน สามารถมองเห็นภาพรวมได้อย่างชัดเจนและมีความรวดเร็วต่อเหตุการณ์ต่างๆ ระบบสกาด้าสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากระบบควบคุมทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูลเพื่อให้พนักงานสามารถนำไปใช้งานได้

ระบบสกาด้าในปัจจุบันมีความสามารถในการสื่อสาร ควบคุม และประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ควบคุมได้ถึงระดับที่เกินหนึ่งแสน I/O และได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถรองรับความต้องการของผู้ใช้งานอย่างต่อเนื่องตลอดมา เริ่มใช้งานในคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ระบบปฏิบัติการ DOS, VMS และ UNIX จนมาถึงระบบปฏิบัติการ Windows

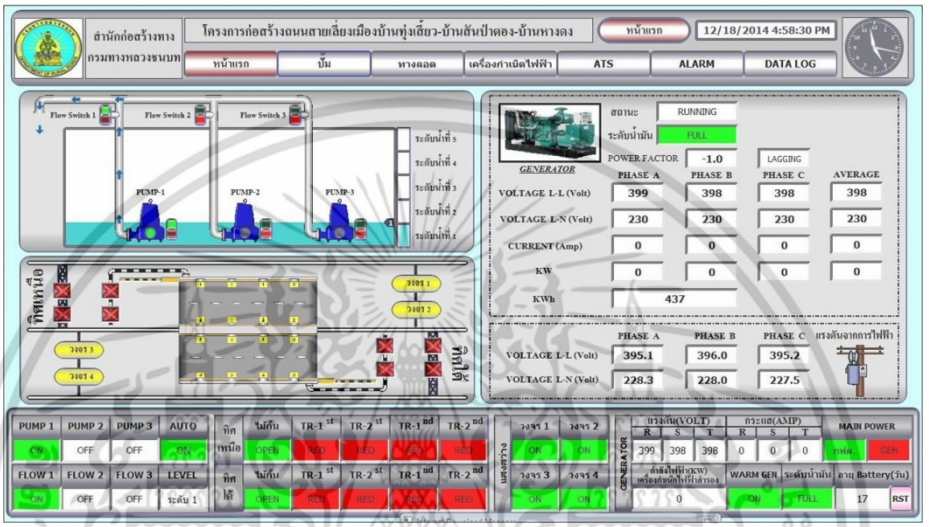
ปลายศตวรรษที่ 19 ระบบเครือข่าย Ethernet ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายและได้นำมาใช้กับระบบสกาด้า ทำให้ความเสถียรภาพและความยืดหยุ่นในการทำงานเพิ่มมากขึ้นและสามารถลดข้อจำกัดและปัญหาการควบคุมผ่านระยะทางไกลได้ มีการพัฒนาฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการเชื่อมต่ออย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพในการรับและส่งข้อมูล ต่อมาในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี ได้มีการประยุกต์ระบบควบคุมที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีคือระบบสกาด้า ทำให้การควบคุมการทำงานได้ง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากซอร์ฟแวร์สกาด้าออกแบบการทำงานให้อยู่ในรูปแบบของระบบควบคุมจริง ทำให้ง่ายต่อการควบคุมและยังสามารถควบคุมจากศูนย์กลาง ทำให้มีผู้ปฏิบัติการควบคุมน้อยเมื่อเทียบกับการควบคุมที่ตัวเครื่องจักร โดยการทำงานแบบนี้เรียกว่า Human Machine Interface (HMI) โดยแสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การเชื่อมต่อระบบสกาด้าพื้นฐานแบบระบบเครือข่าย Ethernet [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอร์ฟแวร์ระบบสกาด้ามีหลายบริษัทพัฒนาขึ้น สามารถเขียนคำสั่งควบคุมและแสดงผลได้ในซอร์ฟแวร์เดียวกัน แต่มีข้อจำกัดด้วยจำนวนอินพุตและเอาท์พุตที่ใช้งานเนื่องด้วยมีราคาตามขนาดอินพุตและเอาท์พุตที่ใช้งาน ซอร์ฟแวร์สกาด้ามี 2 แบบ คือ แบบ Developer และแบบ Runtime โดยแบบ Developer มีราคาสูงกว่าแบบ Runtime เนื่องจากแบบ Developer สามารถเขียนหรือแก้ไขปรับปรุงกราฟฟิกและกำหนดค่าอินพุตหรือเอาท์พุตได้รวมถึงการแสดงผลกราฟฟิก ส่วนแบบ Runtime สามารถแสดงผลกราฟฟิกได้อย่างเดียว ตัวอย่างการแสดงกราฟฟิกระบบสกาด้าโดยใช้ซอร์ฟแวร์ TIA Portal V13 ของบริษัท SIEMENS แสดงในรูปที่ 2.15



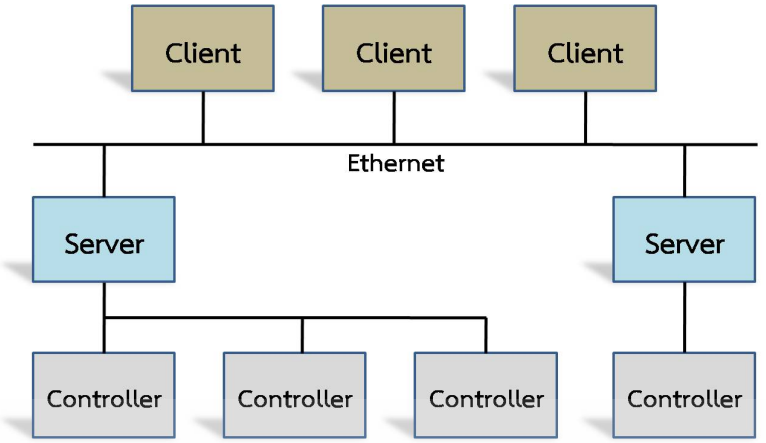
รูปที่ 2.15 แสดงกราฟฟิกระบบสกาด้าโดยใช้ซอร์ฟแวร์ TIA Portal V13

2.2.2 โครงสร้างของระบบสกาด้า

1. โครงสร้างฮาร์ดแวร์

ระบบแบ่งตามโครงสร้างฮาร์ดแวร์ได้สองระดับคือ Client และ Data Server หรือเรียกว่า Server โดยที่ Client คือคอมพิวเตอร์ที่รับและส่งข้อมูลไปยัง Server โดยฝั่ง Client นี้จะแสดงผลการทำงานของระบบควบคุมเช่น แสดงเป็นกราฟิก กราฟแบบต่อเนื่อง หรือระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือต้องการแจ้งเตือน เป็นต้น ฝั่ง Client สามารถสั่งงานควบคุมไปยัง Server เพื่อส่งสัญญาณไปยังพีแอลซีหรือคอลโทรลเลอร์ ส่วน Server ทำหน้าที่ติดต่อกับพีแอลซีหรือคอลโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณและส่งสัญญาณไปยัง Client และรับการร้องขอจาก Client เพื่อควบคุมอุปกรณ์พีแอลซีและคอนโทรลเลอร์ต่างๆ Client และ Server ส่วนใหญ่ติดต่อกันผ่านระบบเครือข่าย Ethernet ดังรูปที่ 2.16

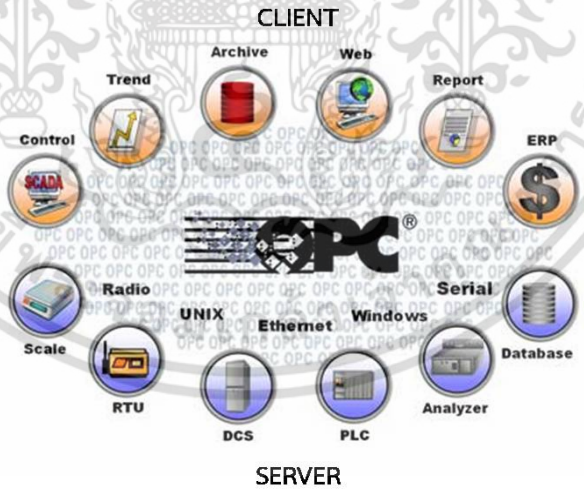
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 โครงสร้างฮาร์ดแวร์ของระบบสกาด้า [6]

2. โครงสร้างซอร์ฟแวร์

โครงสร้างด้านซอร์ฟแวร์ของระบบสกาด้าใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับฮาร์ดแวร์ตามผู้ผลิต เช่นการใช้ซอร์ฟแวร์เฉพาะของผู้ผลิตซอร์ฟแวร์สกาด้าเพื่อสื่อสารกับพีแอลซีหรือคอนโทรลเลอร์ ในปัจจุบันมีการกำหนดมาตรฐานกลางคือ OPC (OLE for Process Control) เป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลระหว่างฮาร์ดแวร์กับซอร์ฟแวร์ขึ้นมาเพื่อยุติปัญหาการใช้เทคโนโลยีเฉพาะด้านในการสื่อสาร นอกจากนั้นยังมีความสามารถในการบริการข้อมูลให้กับ Client ที่รวดเร็วและมีเสถียรภาพ โครงสร้างด้านซอร์ฟแวร์ของระบบสกาด้าแสดงได้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 โครงสร้างซอร์ฟแวร์ของระบบสกาด้า [6]

3. โครงสร้างด้านการสื่อสาร

การสื่อสารระหว่าง Client กับ Server จะสื่อสารผ่านโปรโตคอลโดยทั่วไปเช่น TCP/IP หรือระบบเครือข่าย Ethernet โดย Client ทำการติดต่อกับพารามิเตอร์หรือ Tag ภายใน Server ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริการข้อมูลด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันไป เช่นมีการส่งค่าจาก Server เมื่อค่าของสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตของพีแอลซีมีการเปลี่ยนแปลง เป็นต้น

การสื่อสารกับอุปกรณ์นั้น Server ทำการตรวจสอบค่าจากอุปกรณ์ตามช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ โดยแตกต่างกันไปตามพารามิเตอร์ประเภทต่างๆ โดยอุปกรณ์ควบคุมส่งค่าพารามิเตอร์ตามที่ถูกร้องขอให้กับ Server พร้อมค่าเวลาขณะนั้น (Time Stamp) การสื่อสารกับอุปกรณ์ของ Server นั้นอาจเป็นการสื่อสารแบบ Modbus, Profibus เป็นต้น ขึ้นอยู่กับมาตรฐานการสื่อสารของอุปกรณ์ ในปัจจุบันมีการสร้าง OPC Server ที่สนับสนุนการติดต่อด้วยมาตรฐานต่างๆเพิ่มขึ้นมากมายจนครอบคลุมอุปกรณ์ทุกประเภทและมีการพัฒนาไปยังอุปกรณ์ใหม่ๆอย่างต่อเนื่อง

4. ความสามารถในการขยายระบบ

ความสามารถในการรองรับและต่อขยายระบบสกาด้ากับอุปกรณ์เช่น I/O ของอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์และจำนวน Client ที่เพิ่มขึ้นหรือการติดต่อกับระบบสกาด้าของยี่ห้ออื่น เป็นต้น ถ้า Server เป็นแบบ Driver ที่สร้างด้วยเทคโนโลยีเฉพาะในการติดต่อกับอุปกรณ์ ทำให้ลำบากในการต่อขยาย เพราะ Driver บางประเภทสามารถติดต่อได้เฉพาะซอร์ฟแวร์บางยี่ห้อเท่านั้น ปัญหานี้เป็นที่วิพากวิจารณ์กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งปัจจุบันได้หันมาใช้มาตรฐานกลางคือ OPC เพื่อแก้ไขปัญหานี้

5. การสำรองระบบ

ซอร์ฟแวร์สกาด้าส่วนใหญ่มีความสามารถในการทำสำรองระบบ (Redundancy) ของ Server โดยที่เมื่อ Server เกิดความขัดข้องก็จะสั่งงานให้ Server อีกตัวหนึ่งทำงานแทนที่ โดยมีการกำหนดค่าไว้ที่ Client ว่าจะให้เลือกติดต่อกับ Server ตัวไหนเมื่อเกิดความขัดข้องเกิดขึ้น

โมดูลที่ทำหน้าที่จัดการด้านสำรองระบบทำหน้าที่อีกประการหนึ่งคือเป็นจุดพักข้อมูลที่รับมาจาก Server เพื่อนำไปส่งให้กับ Client ต่างๆ เพราะในกรณีที่มี Client จำนวนมากติดต่ออยู่กับ Server ตัวเดียวนั้นมีความล่าช้าในการบริการข้อมูลของ Server เพราะต้องให้บริการข้อมูล Client ให้ครบจำนวนก่อนไปรับข้อมูลใหม่จากอุปกรณ์ ดังนั้นโมดูลที่ทำหน้าที่สำรองระบบทำหน้าที่เป็นจุดรับข้อมูลแล้วช่วยส่งต่อให้ Client ต่างๆ อีกทอดหนึ่ง ทำให้ Server ทำหน้าที่บริการข้อมูลให้แก่โหนดเพียงจุดเดียวและมีความรวดเร็วในการบริการข้อมูล

2.2.3 หน้าที่การทำงานของระบบสกาด้า

1. การเข้าถึงพารามิเตอร์ของอุปกรณ์

ความสามารถในการเข้าถึงกลุ่มของพารามิเตอร์ในอุปกรณ์เช่น อินพุตและเอาท์พุตของพีแอลซี เป็นต้น ความสามารถของ Server ในการกำหนดว่าพารามิเตอร์ใด อ่านได้อย่างเดียว เขียนได้อย่างเดียว หรือทั้งอ่านทั้งเขียน เป็นต้น

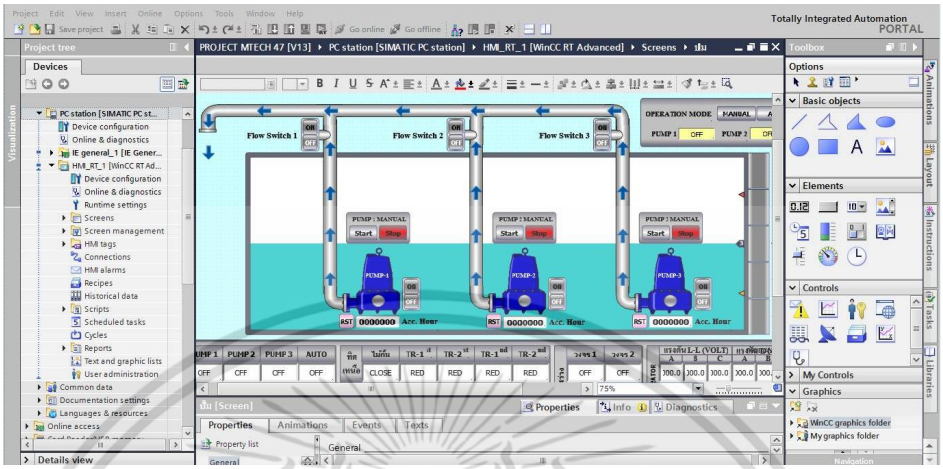
2. ระบบแสดงผลแบบ HMI (Human Machine Interface)

ความสามารถในการแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ในรูปแบบกราฟฟิก ข้อความ สัญลักษณ์ แผนภาพ เป็นต้น โดยสามารถเชื่อมโยงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกราฟิกเหล่านี้กับพารามิเตอร์จาก Server ความสามารถในการสั่งงานผ่านระบบกราฟิกเช่น การปิดและเปิดสวิตช์บนจอมอนิเตอร์ส่งผลไปยังอินพุตและเอาท์พุตของพีแอลซี เป็นต้น

ความสามารถในการจัดการกราฟฟิกเช่น การย่อและขยาย การกำหนดการเคลื่อนไหวแบบต่าง ๆ เช่น การหมุน การเคลื่อนที่แบบซิกแซกตามสัญญาณของ Server การแสดงผลสัญญาณใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบมิเตอร์และเกจวัดแบบต่างๆ การนำเข้ากราฟฟิก การจัดแบ่งเลเยอร์ เป็นต้น เป็นความสามารถของซอร์ฟแวร์สกาด้าทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.18

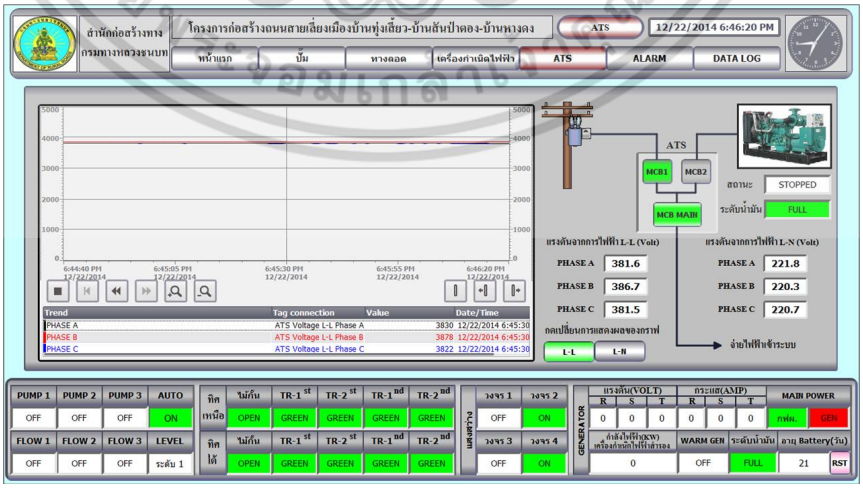


รูปที่ 2.18 การจัดการกราฟฟิกของซอร์ฟแวร์สกาด้า

3. ระบบแสดงกราฟสัญญาณแบบต่อเนื่อง (Trending)

ความสามารถในการพล็อตกราฟต่อเนื่องบนจอภาพเพื่อแสดงค่าสัญญาณจาก Server โดยสามารถพล็อตสัญญาณได้หลายสัญญาณพร้อมกันในหน้าต่างเดียว เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบสัญญาณที่พล็อตได้ และไม่จำกัดจำนวนการสร้างหน้าต่างพล็อตกราฟ

การพล็อตกราฟมีความสามารถในการซูมสัญญาณที่พล็อตและหยุดการพล็อตเพื่อเลื่อนดูค่าที่พล็อตในแต่ละช่วงเวลาได้ นอกจากนั้นการพล็อตสามารถเลือกได้ให้เป็นการพล็อตแบบใด เช่น Time plot, Logarithmic plot, Strip Chart, Bar Chart, Circular, X-Y plot เป็นต้น นอกจากนั้นบางผู้ผลิตยังสามารถนำค่าข้อมูลสัญญาณที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลออกมาพล็อตได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.19



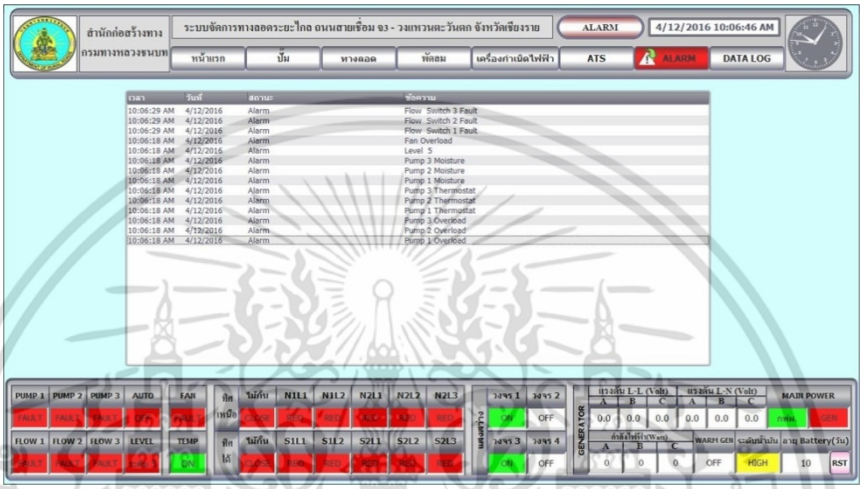
รูปที่ 2.19 การพล็อตกราฟต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระบบแจ้งเตือน (Alarm)

ซอร์ฟแวร์สกาด้ามีระบบแจ้งเตือนโดย Alarm Display จะรับสัญญาณมาจาก Alarm Datablock ในฝั่ง Server โดย Alarm Datablock สามารถที่ทำการกำหนดค่าว่าสัญญาณตัวใดมาเป็นตัวพารามิเตอร์ในการแจ้งเตือนบ้าง และมีการแบ่งระดับของ Priority, Limit อย่างไร เป็นต้น

ระบบแจ้งเตือนยังสามารถที่จะเก็บข้อมูลการแจ้งเตือนไว้ในฐานข้อมูลประเภทต่างๆ ได้เช่น MS SQL Server, MS Access, Oracle, MS Excel เป็นต้น และบางยี่ห้อสามารถแสดงออกมาเป็นรายงานในรูปแบบตารางหรือ แผนภูมิได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การแจ้งเตือนของซอร์ฟแวร์สกาด้า

2.2.4 ประโยชน์ของระบบสกาด้า

1. สามารถเพิ่มศักยภาพด้านการผลิต

เนื่องจากสามารถตรวจสอบสถานะการทำงาน สถานะการผลิต และสามารถระบุจุดเกิดเหตุได้อย่างทั่วถึง และแจ้งให้พนักงานในพื้นที่ทราบได้ทันท่วงที ทำให้สามารถลดดาวน์ไทม์ลงได้ นอกจากนั้นยังสามารถทำการตรวจสอบในลักษณะ Prevent Maintenance ได้ เช่น สามารถแจ้งเตือนได้ว่าอุปกรณ์ใดถึงเวลาต้องทำการซ่อมบำรุงตามระยะเวลาที่อุปกรณ์นั้นทำงานจริง แทนที่จะเป็นตามตารางเวลา การตรวจสอบชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์สามารถคำนวนจาก Time Stamp ที่บันทึกไว้เมื่ออุปกรณ์มีการทำงานจริง เป็นต้น

2. ลดต้นทุนด้านการดำเนินงานและบริหารงาน

การตรวจสอบการทำงานของระบบ SCADA เช่นการแสดงผลแบบ Real time การแจ้งเตือนระบบรายงานต่างๆ ช่วยลดภาระและขั้นตอนการดำเนินงานของพนักงานเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนด้านการดำเนินงานลดลงไปด้วย เช่น ค่าเดินทางเพื่อตรวจสอบระบบ ค่าจ้างพนักงานสำหรับบริหารงานเอกสารต่างๆ ค่าใช้จ่ายด้านโทรศัพท์เพื่อสอบถามและแจ้งผลข้อมูลสามารถลดได้เนื่องจากข้อมูลสามารถนำมาแสดงผ่านเครือข่าย Internet ไปยังสาขาต่างๆได้แบบ Real time ทำให้องค์กรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบข้อมูลจริงที่มีจากแหล่งข้อมูลเดียวกัน ลดความผิดพลาดด้านการประมวลผลข้อมูลและการทำงานที่ซ้ำซ้อนลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สร้างความเชื่อมั่นต่อนักลงทุน

ระบบการทำงานที่แม่นยำ รวดเร็วและส่งข้อมูลที่ถูกต้อง สามารถสร้างความเชื่อมั่นต่อนักลงทุนได้

4. การต่อขยายระบบทำได้ง่าย

ระบบสกาด้าแบบมาตรฐานที่สนับสนุนเทคโนโลยีแบบเปิด เช่น OPC technology จะมีความง่ายต่อการต่อขยายระบบเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลแบบโครงข่าย ทั้งการขยาย Server Node และ Client Node

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบระบบสกาด้า แบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด

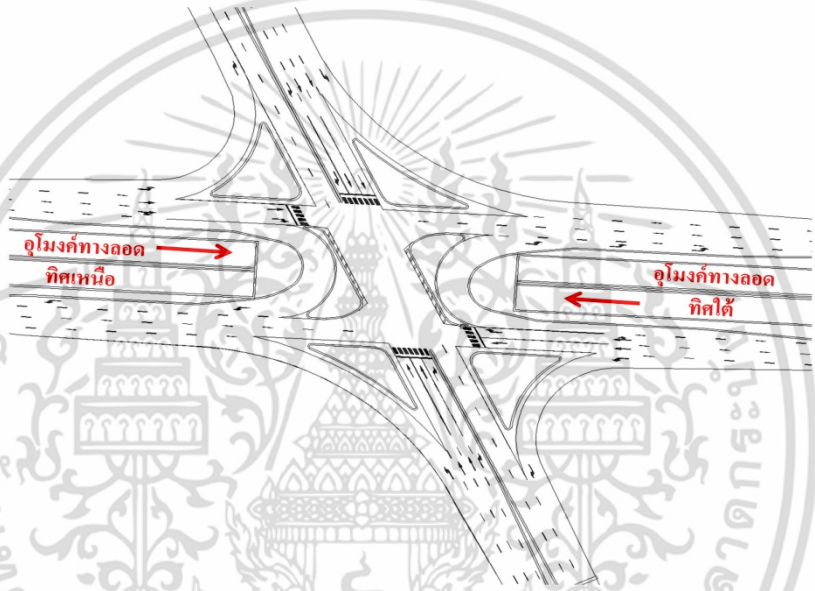
ในบทที่ 3 เป็นส่วนของการออกแบบระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดมีขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอน โดยจะอธิบายแนวคิดและหลักการทำงานของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด การเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี การออกแบบการสื่อสารของระบบสกาด้า และในส่วนสุดท้ายเป็นการออกแบบซอร์ฟแวร์ของระบบสกาด้า แสดงให้เห็นเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. แนวคิดและหลักการทำงานของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด
2. การเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี
3. การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี
4. การออกแบบการสื่อสารของระบบสกาด้า
5. การออกแบบซอร์ฟแวร์ของระบบสกาด้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 แนวคิดและหลักการทำงานของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด

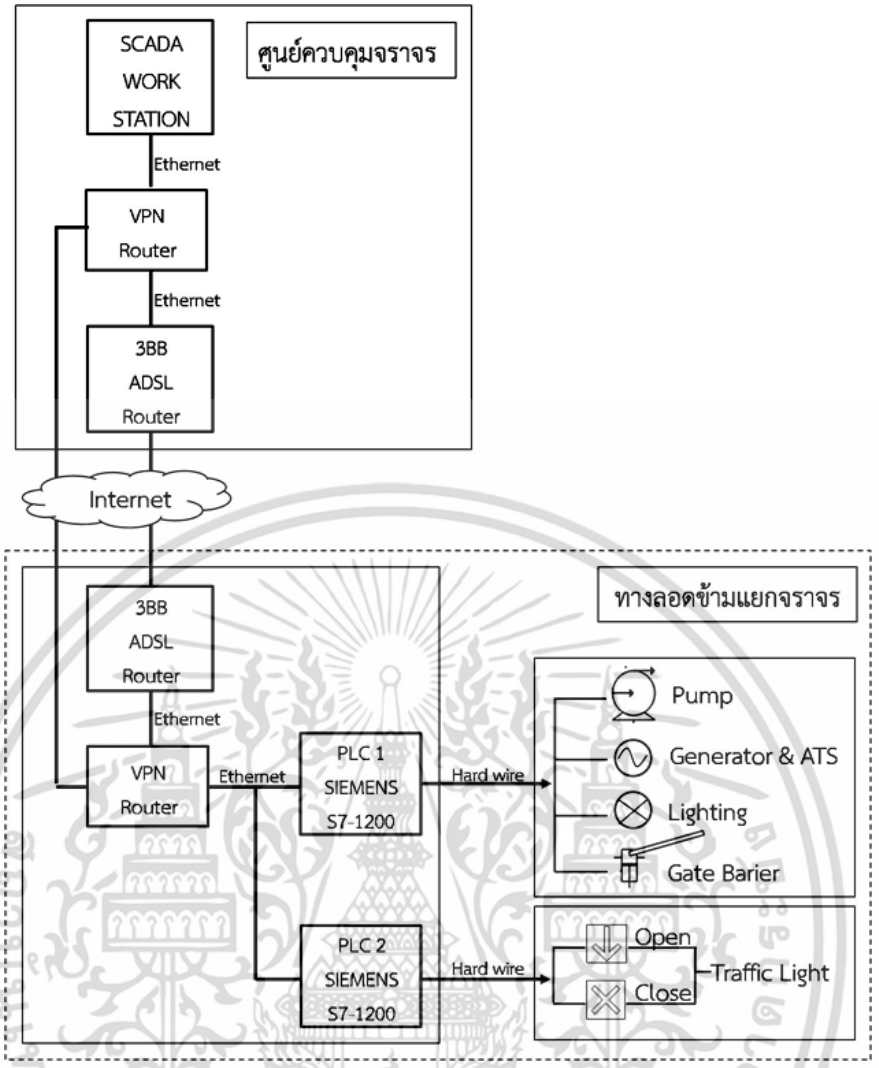
แนวคิดและหลักการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดสำหรับใช้เพื่อควบคุมตรวจสอบสถานะการทำงานและป้องกันการเกิดน้ำท่วมอุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจรที่ถนนสายเลี่ยงเมืองบ้านทุ่งเสี้ยว-บ้านสันป่าตอง-บ้านหางดง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 เนื่องจากลักษณะพื้นที่ด้านใต้อุโมงค์ทางลอด มีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ต้องมีระบบการสูบน้ำออกจากอุโมงค์ทางลอดอัตโนมัติเพื่อป้องกันการเกิดน้ำท่วมใต้อุโมงค์ทางลอด มีสัญญาณเตือนภัยไปแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมจราจรในกรณีที่เกิดเหตุขัดข้องเพื่อเตรียมการป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้น



รูปที่ 3.1 อุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจร

ระยะทางจากศูนย์ควบคุมจราจรและอุโมงค์ทางลอดมีระยะไกลอยู่ห่างกันประมาณ 30 กิโลเมตร การเดินสายสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างอุโมงค์ทางลอดและศูนย์ควบคุมจราจรมีค่าใช้จ่ายที่สูงและใช้ระยะเวลาในการติดตั้งนาน ดังนั้นการส่งข้อมูลไร้สายระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเอดีเอสแอลของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตบริษัท ทริปเปิลที (3BB) โดย VPN Router (Virtual Private Network) ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างเครือข่ายทางด้านศูนย์ควบคุมจราจรกับเครือข่ายทางด้านอุโมงค์ทางลอดให้เป็นเครือข่ายเดียวกัน ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายสัญญาณและระยะเวลาในการติดตั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



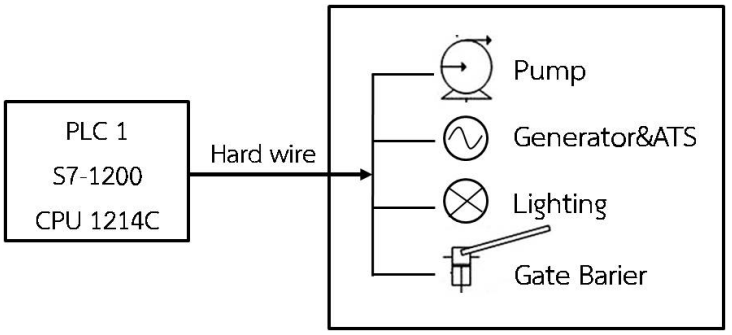
รูปที่ 3.2 หลักการทำงานของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด

ระบบการทำงานของอุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจรทำงานโดยรับคำสั่งจากพีแอลซี จากนั้นทำการรับและส่งข้อมูลไปแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านหน้าจอสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจร ประกอบไปด้วย 5 ระบบ ได้แก่

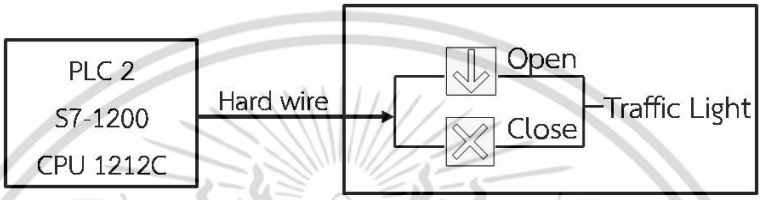
1. ระบบปั๊มสูบน้ำ
2. ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS (Automatic Transfer Switch)
3. ระบบแสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอด
4. ระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร
5. ระบบไฟสัญญาณจราจร

โดยพีแอลซี 1 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและรับสัญญาณจากระบบปั๊มสูบน้ำ ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและATS ระบบแสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอด และระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.3 และพีแอลซี 2 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบไฟสัญญาณจราจรแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 การทำงานของพีแอลซี 1



รูปที่ 3.4 การทำงานของพีแอลซี 2

การทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดทั้ง 5 ระบบ ทำงานตามเงื่อนไขคำสั่งของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีมีการออกแบบการทำงาน ดังนี้

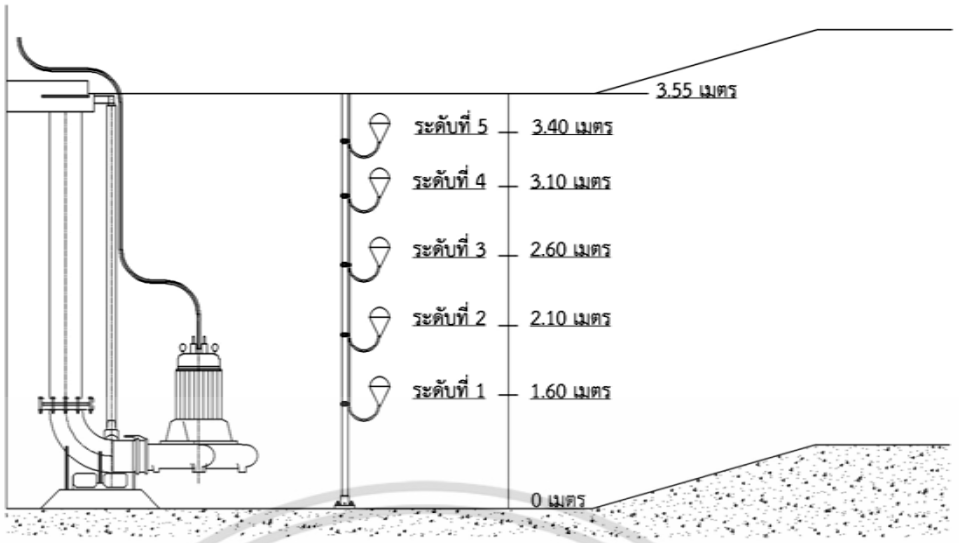
3.1.1 ระบบปั๊มสูบน้ำ

ปั๊มสูบน้ำจำนวน 3 ตัว มีขนาด 37 kW ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซีโดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดคือ โหมดแมนนวลกับโหมดอัตโนมัติมีการทำงานในตารางที่ 3.1 การทำงานในโหมดอัตโนมัติของปั๊มสูบน้ำทำงานตามสวิตช์ลูกลอยระดับน้ำมีทั้งหมด 5 ระดับ แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.5 และเงื่อนไขสลับการทำงานของปั๊มสูบน้ำแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.6 เนื่องจากต้องการให้ชั่วโมงการทำงานของปั๊มสูบน้ำแต่ละตัวมีชั่วโมงการทำงานใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3.1 โหมดการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

โหมดการทำงาน	ปั๊มสูบน้ำ	การทำงาน
แมนนวล	1	เปิด-ปิด
	2	เปิด-ปิด
	3	เปิด-ปิด
อัตโนมัติ	1	ระดับน้ำที่ 2
	2	ระดับน้ำที่ 3
	3	ระดับน้ำที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ปั๊มสูบน้ำและสวิตช์ลูกลอยระดับน้ำ

ตารางที่ 3.2 การทำงานโหมดอัตโนมัติของปั๊มสูบน้ำ

ระดับน้ำ	ระยะลูกลอย	การทำงานของระบบปั๊มสูบน้ำ
1	1.6 เมตร	ปั๊มสูบน้ำทุกตัวหยุดทำงาน
2	2.1 เมตร	ปั๊มสูบน้ำทำงาน 1 ตัว
3	2.6 เมตร	ปั๊มสูบน้ำทำงาน 2 ตัว
4	3.1 เมตร	ปั๊มสูบน้ำทำงาน 3 ตัว
5	3.4 เมตร	ปั๊มสูบน้ำทำงาน 3 ตัวและแจ้งเตือนภัยปิดช่องทางจราจร

จากตารางที่ 3.2 แสดงการทำงานของปั๊มสูบน้ำโหมดอัตโนมัติตามระดับลูกลอยวัดระดับน้ำ เงื่อนไขการทำงานมีดังนี้

ระดับที่ 1 ที่ระดับน้ำ 1.60 เมตร ปั๊มสูบน้ำทุกตัวหยุดทำงาน

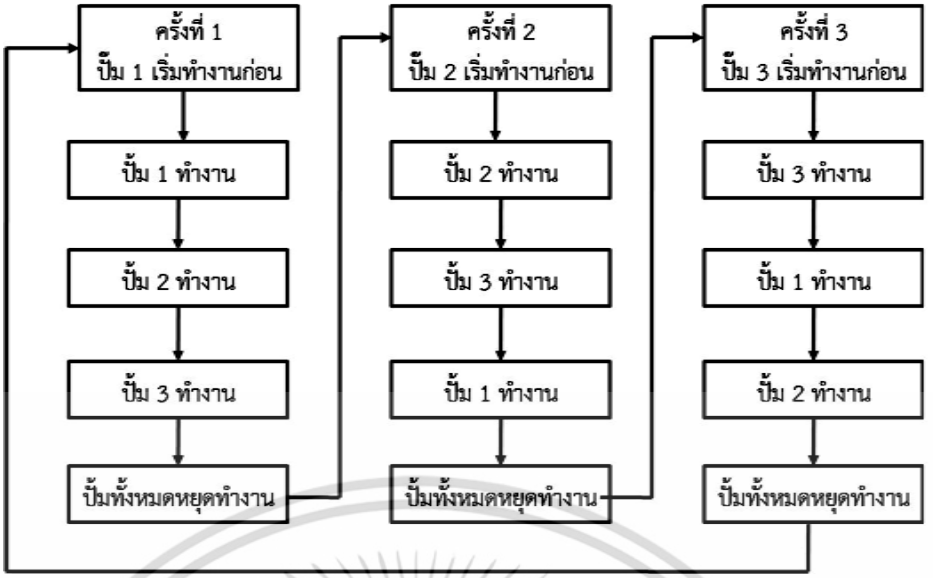
ระดับที่ 2 ที่ระดับน้ำ 2.10 เมตร ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 1 ทำงาน

ระดับที่ 3 ที่ระดับน้ำ 2.60 เมตร ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงาน

ระดับที่ 4 ที่ระดับน้ำ 3.10 เมตร ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 3 ทำงาน

ระดับที่ 5 ที่ระดับน้ำ 3.40 เมตร ไม้กระดกกั้นจราจรทำการปิดถนนและไฟสัญญาณจราจรเปลี่ยนจากลูกศรสีเขียวเป็นรูปกากบาทสีแดง โดยมีสัญญาณโอเวอร์โหลด ความชื้น และโฟลว์สวิทช์ตรวจสอบสถานะผิดปกติของปั๊มสูบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 เงื่อนไขสลับการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

จากรูปที่ 6 เงื่อนไขสลับการทำงานของปั๊มสูบน้ำทั้ง 3 ตัวทำงานสลับกันโดยระดับน้ำจากสวิตช์ลูกลอย มีเงื่อนไขสลับการทำงานแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เงื่อนไขสลับการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

ลำดับ	กรณี	ระดับลูกลอย	การทำงาน
1	1	2	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 1 ทำงาน
		1	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 1 หยุดทำงาน
	2	2	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 1 ทำงาน
		3	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงาน
		1	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 1,2 หยุดทำงาน
	3	2	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 1 ทำงาน
		3	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงาน
		4	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 3 ทำงาน
		1	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 1,2,3 หยุดทำงาน
2	1	2	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงาน
		1	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 2 หยุดทำงาน
	2	2	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงาน
		3	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 3 ทำงาน
		1	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 2,3 หยุดทำงาน
	3	2	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงาน
		3	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 3 ทำงาน
		4	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 1 ทำงาน
		1	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 2,3,1 หยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

3	1	2	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 3 ทำงาน
		1	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 3 หยุดทำงาน
	2	2	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 3 ทำงาน
		3	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 1 ทำงาน
		1	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 3,1 หยุดทำงาน
	3	2	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 3 ทำงาน
		3	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 1 ทำงาน
		4	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 2 ทำงาน
		1	ปั๊มสูบน้ำตัวที่ 3,1,2 หยุดทำงาน

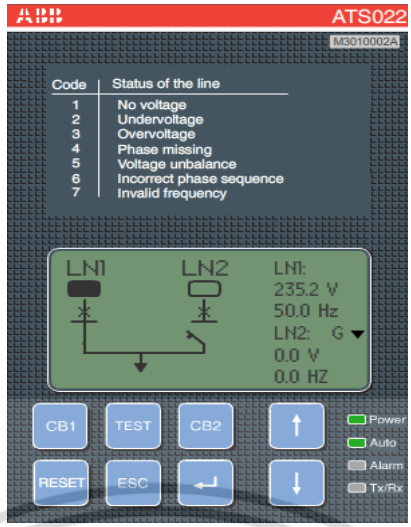
3.1.2 ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.7 ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าขัดข้อง จากนั้น ATS แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.8 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์สลับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าขัดข้องมาใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอัตโนมัติแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.9 การสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีผ่านโปรโตคอล Modbus RS-485 เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS ไปแสดงผลที่หน้าจอสกาด้า เช่น สถานะการทำงาน, ระดับน้ำมัน, แรงดันแบตเตอรี่, กำลังไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, ความเร็วรอบ เป็นต้น

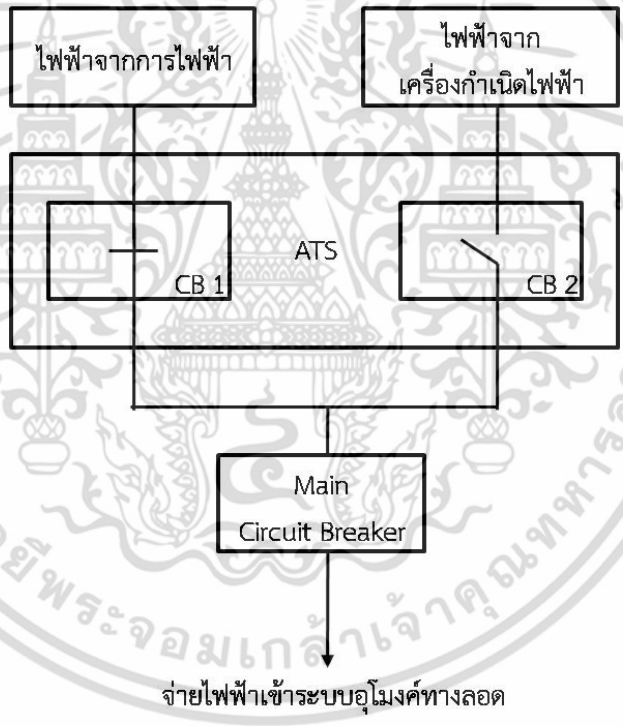
โดยทุกวันศุกร์ช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 13.15 น. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติเพื่อทำการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเวลา 15 นาที เป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รูปที่ 3.7 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ **3.8** ATS



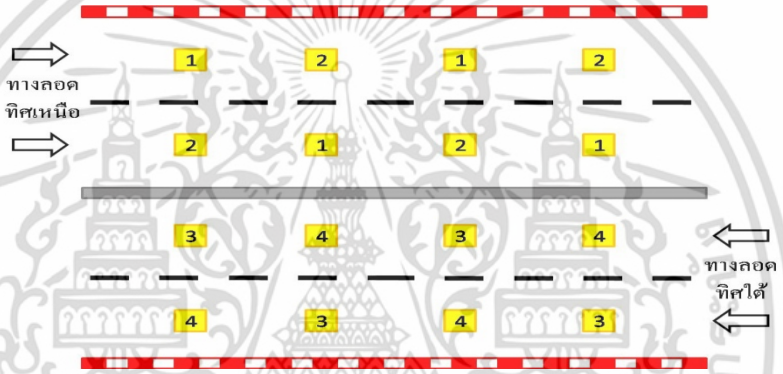
รูปที่ **3.9** การทำงานของ ATS

3.1.3 ระบบแสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอด

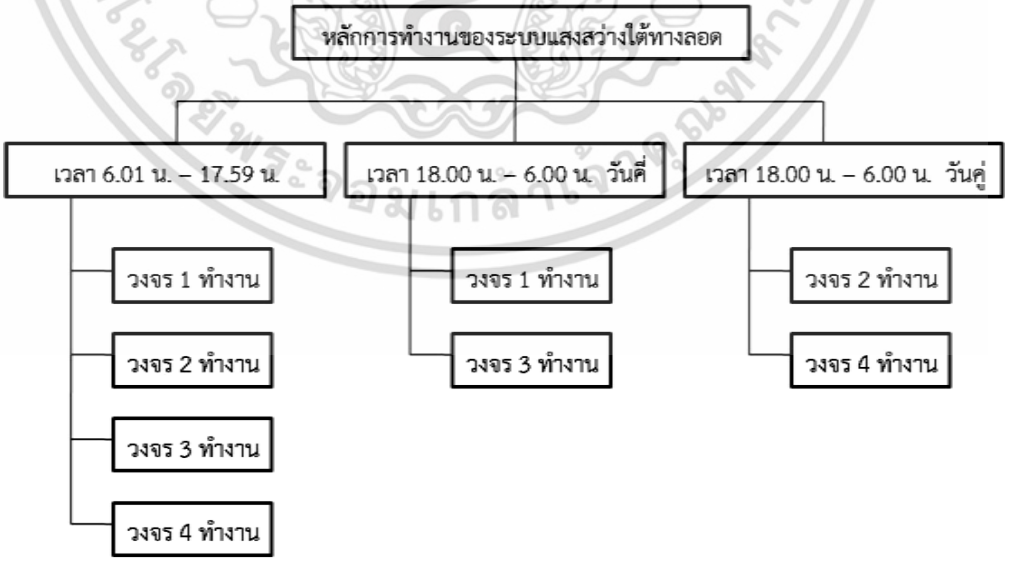
ระบบแสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอดแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.10 แบ่งการทำงานของโคมแสงสว่างออกเป็น 4 วงจรแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.11 ควบคุมการทำงานด้วยอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีโดยมีฟังก์ชั่นการทำงานตามเงื่อนไขช่วงเวลาแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 โคมไฟใต้อุโมงค์ทางลอด



รูปที่ 3.11 ตำแหน่งของวงจรแสงสว่าง



รูปที่ 3.12 หลักการทำงานของระบบแสงสว่างใต้ทางลอดตามช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.12 แสดงหลักการทำงานของระบบแสงสว่างใต้ทางลอดโดยการทำงานตามเงื่อนไขช่วงเวลา ดังนี้

ช่วงเวลาตั้งแต่ 6.01 น. ถึง 17.59 น. ระบบแสงสว่างเปิดไฟฟ้าแสงสว่างทั้ง 4 วงจรในทุกๆ วัน เพื่อให้แสงสว่างด้านใต้ทางลอดใกล้เคียงกับแสงสว่างด้านนอกทางลอด

ช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น.ถึง 6.00น. วันคี่ ระบบแสงสว่างเปิดไฟฟ้าแสงสว่างวงจรที่ 1 และวงจรที่ 3

ช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น.ถึง 6.00 น. วันคู่ ระบบแสงสว่างเปิดไฟฟ้าแสงสว่างวงจรที่ 2 และวงจรที่ 4

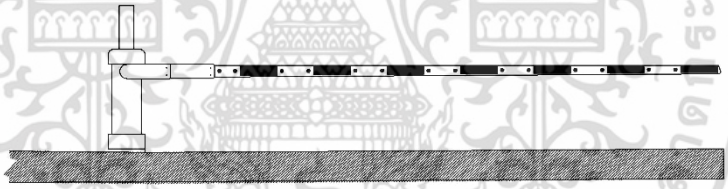
เนื่องจากช่วงเวลา 18.00 น.ถึง 6.00 น. เป็นช่วงเวลากลางคืนระบบแสงสว่างทำงานเพียง 2 วงจรเพียงพอต่อการมองเห็นเส้นทางและเพื่อลดชั่วโมงการทำงานของโคมแสงสว่าง

3.1.4 ระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร

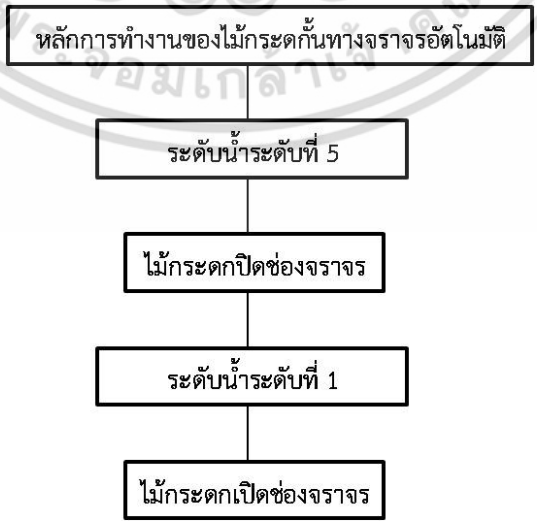
ไม้กระดกกั้นทางจราจรแสดงในรูปที่ 3.13 แบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดคือโหมดแมนนวลกับโหมดอัตโนมัติ การทำงานของโหมดอัตโนมัติระบบไม้กระดกกั้นจราจรทำการเปิดและปิดช่องทางจราจรตามสวิตช์ลูกลอยระดับน้ำที่ 5 และสวิตช์ลูกลอยระดับน้ำที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.14

เมื่อสวิตช์ลูกลอยระดับที่ 5 ส่งสัญญาณมายังพีแอลซี ไม้กระดกทำการปิดช่องทางจราจร

เมื่อสวิตช์ลูกลอยเปลี่ยนจากระดับที่ 5 เป็นระดับที่ 1 ไม้กระดกทำการเปิดช่องทางจราจร



รูปที่ 3.13 ไม้กระดกกั้นทางจราจร



รูปที่ 3.14 หลักการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจรอัตโนมัติ

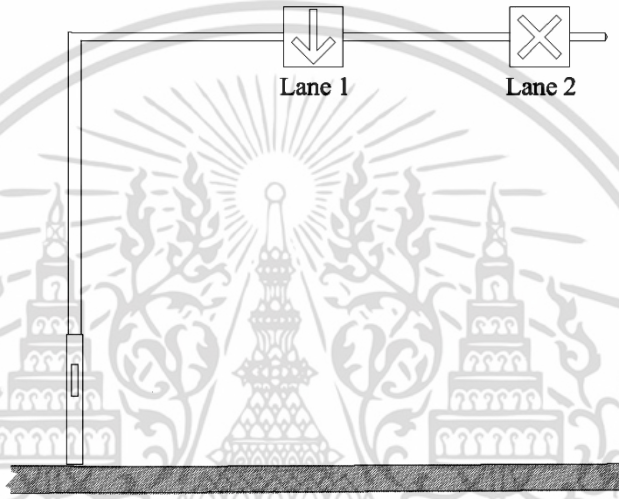
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ระบบไฟสัญญาณจราจร

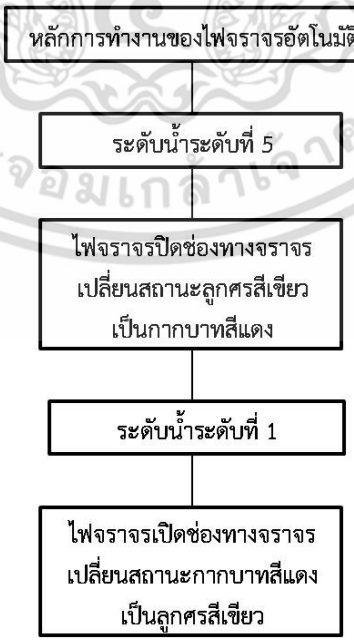
ไฟสัญญาณจราจรแสดงในรูปที่ 3.15 แบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดคือโหมดแมนนวลกับโหมดอัตโนมัติ การทำงานของโหมดอัตโนมัติระบบไฟสัญญาณจราจรทำการเปิดและปิดช่องทางจราจรตามสวิตช์ลูกลอยระดับน้ำที่ 5 และสวิตช์ลูกลอยระดับน้ำที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.16

เมื่อสวิตช์ลูกลอยระดับที่ 5 ส่งสัญญาณมายังพีแอลซี ไฟสัญญาณจราจรลูกศรสีเขียวเปลี่ยนเป็นไฟสัญญาณจราจรกากบาทสีแดง

เมื่อสวิตช์ลูกลอยเปลี่ยนจากระดับที่ 5 เป็นระดับที่ 1 ไฟสัญญาณจราจรกากบาทสีแดงเปลี่ยนเป็นไฟสัญญาณจราจรลูกศรสีเขียว



รูปที่ 3.15 ไฟจราจรสัญญาณจราจร



รูปที่ 3.16 หลักการทำงานของไฟสัญญาณจราจรอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี

การทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดทำงานโดยรับคำสั่งจากอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีของบริษัท SIEMENS รุ่น S7-1200 จำนวน 2 ชุด โดยพีแอลซี 1 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและรับสัญญาณจากระบบปั๊มสูบน้ำ ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและATS ระบบแสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอดและระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร ติดตั้งอยู่ภายในตู้ควบคุมระบบสกาด้า 1 แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.17 และพีแอลซี 2 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบไฟสัญญาณจราจร ติดตั้งอยู่ภายในตู้ควบคุมระบบสกาด้า 2 แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.17 ตู้ควบคุมพีแอลซี 1

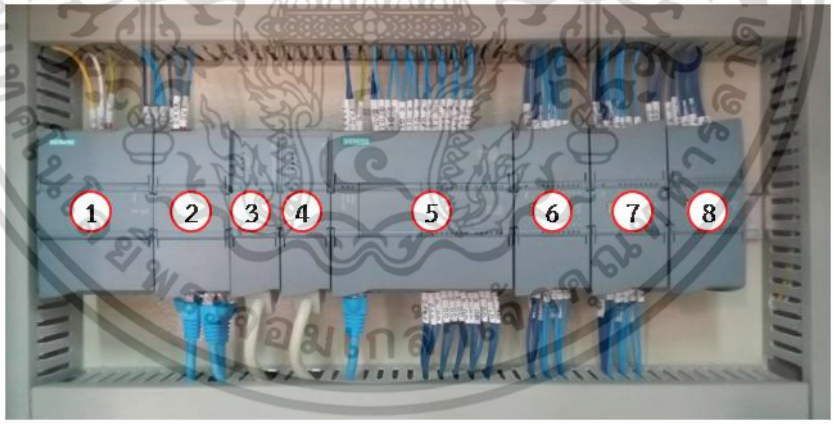
รูปที่ 3.18 ตู้ควบคุมพีแอลซี 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ควบพีแอลซี 1 แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.19 ประกอบไปด้วยโมดูลพีแอลซีต่างๆ ของบริษัท SIEMENS รุ่น S7-1200 มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1

อันดับ	พีแอลซี	รุ่น	รายละเอียด
1	Power Supply Module	PM 1207	- Input : 1-phase VAC, 0.67 A - Output : 24 VDC, 0.67 A
2	Ethernet Switch Module	CSM 1277	- Port : RJ45, 4 Channels - Transfer rate : 10 Mb/s, 100 Mb/s
3	Communication Module	CM 1241	- Interface : RS 422/485
4	Communication Module	CM 1241	- Interface : RS 422/485
5	CPU	1214C	- Supply Voltage : 24 VDC - Digital Input : 14 DI, 24 VDC - Digital Output : 10 DO, 24 VDC - Analog Input : 2 AI, 0-10 VDC
6	Digital Input Module	SM 1221	- Digital Input : 16 DI, 24 VDC
7	Digital Input Module	SM 1221	- Digital Input : 16 DI, 24 VDC
8	Digital Output Module	SM 1222	- Digital Output : 16 DO, 24 VDC



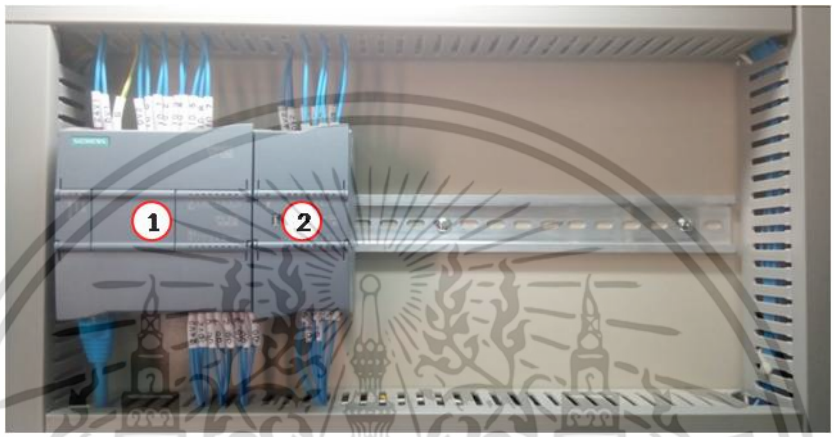
รูปที่ 3.19 พีแอลซี 1

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ควบพีแอลซี 2 แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.20 ประกอบไปด้วยโมดูลพีแอลซีต่างๆ ของบริษัท SIEMENS รุ่น S7-1200 มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 2

อันดับ	พีแอลซี	รุ่น	รายละเอียด
1	CPU	1212C	- Supply Voltage : 24 VDC - Digital Input : 8 DI, 24 VDC - Digital Output : 6 DO, 24 VDC - Analog Input : 2 AI, 0-10 VDC
2	Digital Output Module	SM 1222	- Digital Output : 16 DO, 24 VDC



รูปที่ **3.20** พีแอลซี 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี

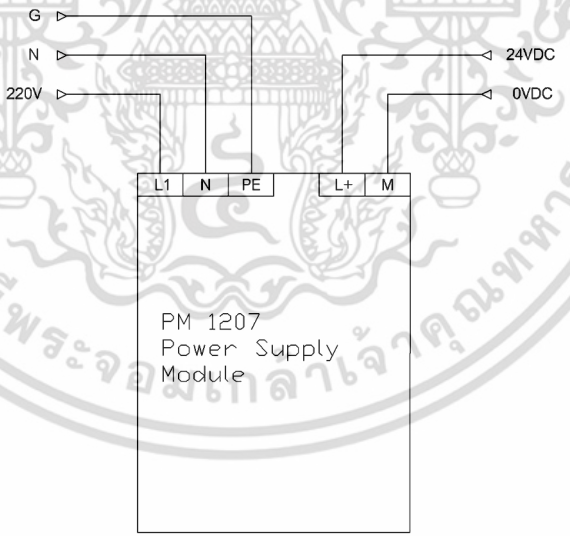
3.3.1 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1

การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 ควบคุมการทำงานต่างๆของระบบอุโมงค์ทางลอดประกอบด้วย Power Supply Module, Ethernet Switch Module, Communication Module, CPU 1214C, Digital Input Module และ Digital Output Module ดังแสดงในรูปที่ 3.21

Power Supply Module PM 1207	Ethernet Switch Module CSM 1277	Communication Module 2 CM 1241	Communication Module 1 CM 1241	CPU 1214C Digital Input 14 point Digital Output 10 point	Digital Input Module 1 SM 1221 16 point	Digital Input Module 2 SM 1221 16 point	Digital Output Module 3 SM 1222 16 point

รูปที่ 3.21 แสดงการเชื่อมต่อโมดูลของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1

1. วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Power Supply Module แสดงในรูปที่ 3.22 เป็นโมดูลแหล่งจ่ายไฟ 24VDC ให้กับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.6



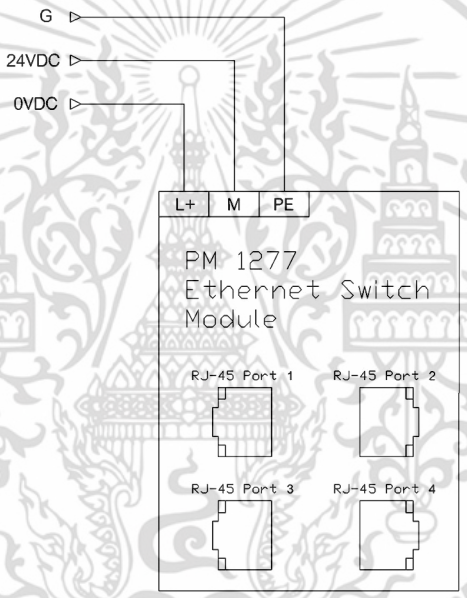
รูปที่ 3.22 วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Power Supply Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Power Supply Module

สัญลักษณ์วงจร	รายละเอียด
220V	แรงดันขาเข้า 220 VAC
N	นิวตรอน
G	กราวด์
24VDC	แรงดันขาออก 24 VDC
0VDC	แรงดันขาออก 0 VDC

2. วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Ethernet Switch Module แสดงในรูปที่ 3.23 เชื่อมต่อระบบเครือข่าย Ethernet ระหว่างอุปกรณ์พีแอลซี 1, พีแอลซี 2 และ VPN เราเตอร์ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.7



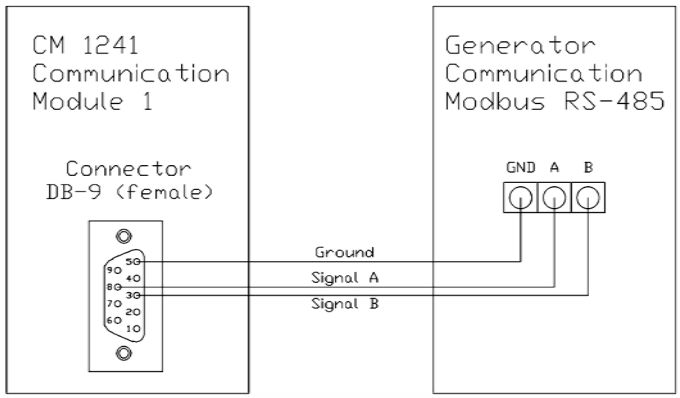
รูปที่ 3.23 วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Ethernet Switch Module

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Ethernet Switch Module

พอร์ท RJ-45	รายละเอียดการเชื่อมต่อ
1	พีแอลซี 1
2	พีแอลซี 2
3	VPN เราเตอร์
4	-

3. วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Communication Module 1 แสดงในรูปที่ 3.24 เชื่อมต่อสัญญาณมอดบัส RS-485 เพื่อสื่อสารข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

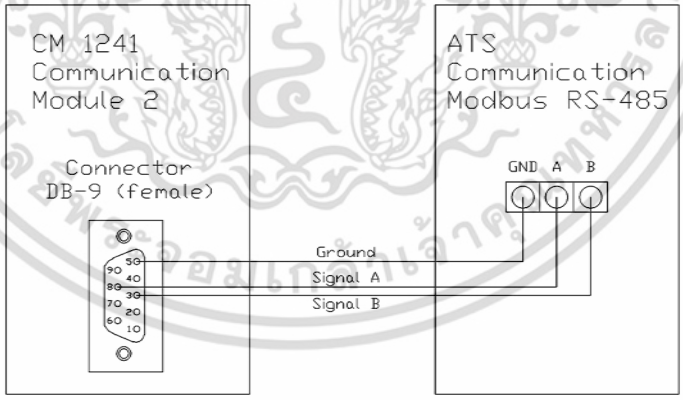


รูปที่ 3.24 วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Communication Module 1

ตารางที่ 3.8 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Communication Module 1

สัญลักษณ์วงจร	ขาของคอนเนคเตอร์ DB-9	รายละเอียด
Signal A	8	สัญญาณบวก
Signal B	3	สัญญาณลบ
Ground	5	กราวด์

4. วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Communication Module 2 แสดงในรูปที่ 3.25 เชื่อมต่อสัญญาณมอดบัส RS-485 เพื่อสื่อสารข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเอทีเอส รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.9



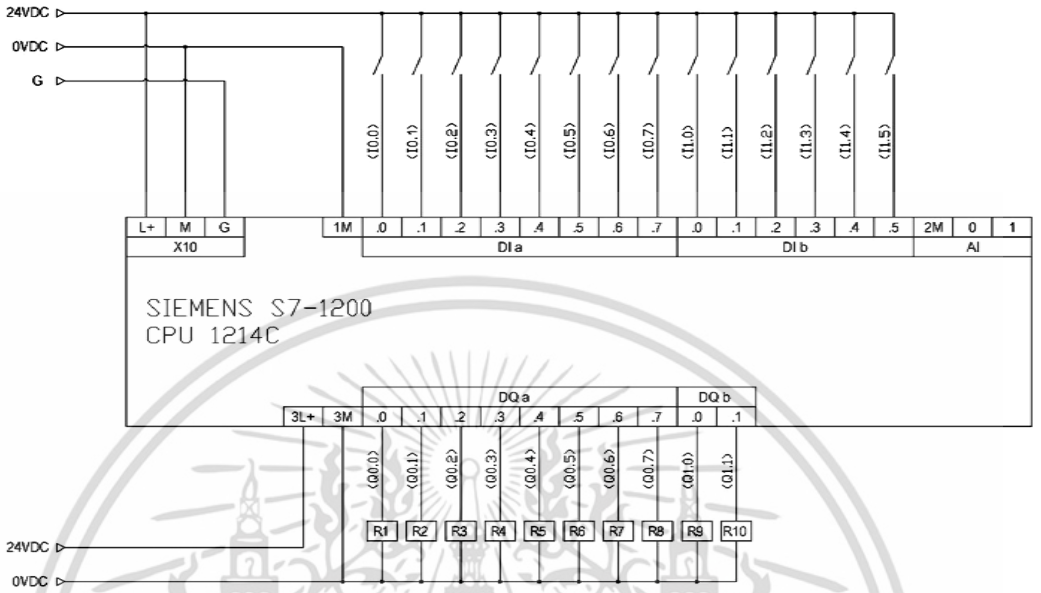
รูปที่ 3.25 วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Communication Module 2

ตารางที่ 3.9 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Communication Module 2

สัญลักษณ์วงจร	ขาของคอนเนคเตอร์ DB-9	รายละเอียด
Signal A	8	สัญญาณบวก
Signal B	3	สัญญาณลบ
Ground	5	กราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 CPU 1214C แสดงในรูปที่ 3.26 เชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอลอินพุตและดิจิตอลเอาท์พุตกับอุปกรณ์ภายนอกของระบบอุโมงค์ทางลอด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.10 และตารางที่ 3.11



รูปที่ 3.26 วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 CPU 1214C

ตารางที่ 3.10 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าอินพุตของพีแอลซี 1 CPU 1214C

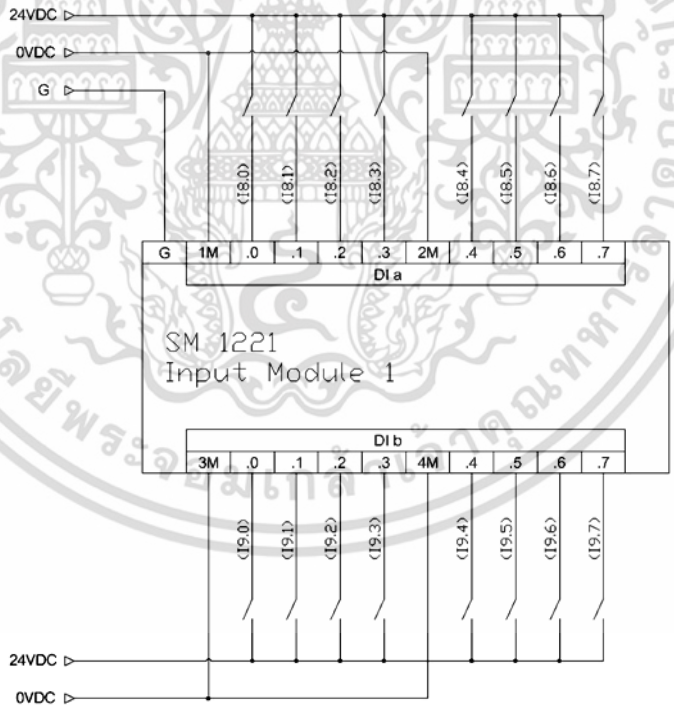
อินพุต	รายละเอียด
I0.0	ปั๊มสูบน้ำ 1 Auto Switch
I0.1	ปั๊มสูบน้ำ 1 Remote Switch
I0.2	ปั๊มสูบน้ำ 1 สถานะทำงาน
I0.3	ปั๊มสูบน้ำ 1 สถานะโอเวอร์โหลด
I0.4	ปั๊มสูบน้ำ 1 สถานะอุณหภูมิสูง
I0.5	ปั๊มสูบน้ำ 1 สถานะความชื้น
I0.6	ปั๊มสูบน้ำ 2 Auto Switch
I0.7	ปั๊มสูบน้ำ 2 Remote Switch
I1.0	ปั๊มสูบน้ำ 2 สถานะทำงาน
I1.1	ปั๊มสูบน้ำ 2 สถานะโอเวอร์โหลด
I1.2	ปั๊มสูบน้ำ 2 สถานะอุณหภูมิสูง
I1.3	ปั๊มสูบน้ำ 2 สถานะความชื้น
I1.4	ปั๊มสูบน้ำ 3 Auto Switch
I1.5	ปั๊มสูบน้ำ 3 Remote Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าเอาท์พุตของพีแอลซี 1 CPU 1214C

เอาท์พุต	รายละเอียด
Q0.0	ปั๊มสูบน้ำ 1 ทำงาน
Q0.1	ปั๊มสูบน้ำ 2 ทำงาน
Q0.2	ปั๊มสูบน้ำ 3 ทำงาน
Q0.3	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน
Q0.4	แสงสว่างวงจรที่ 1 ทำงาน
Q0.5	แสงสว่างวงจรที่ 2 ทำงาน
Q0.6	แสงสว่างวงจรที่ 3 ทำงาน
Q0.7	แสงสว่างวงจรที่ 4 ทำงาน
Q1.0	ไม้กั้นจราจรทิศเหนือเปิด
Q1.1	ไม้กั้นจราจรทิศเหนือปิด

6. วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Input Module 1 แสดงในรูปที่ 3.27 เชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอลอินพุตกับอุปกรณ์ภายนอกของระบบอุโมงค์ทางลอด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.12



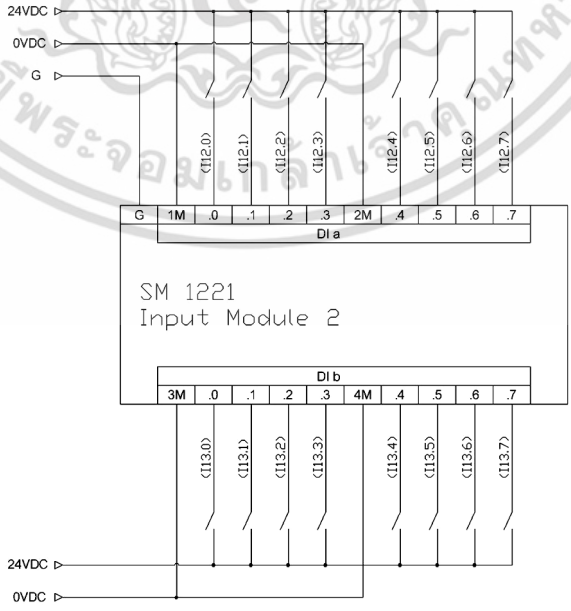
รูปที่ 3.27 วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Input Module 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Input Module 1

อินพุต	รายละเอียด
I8.0	ปั๊มสูบน้ำ 3 สถานะทำงาน
I8.1	ปั๊มสูบน้ำ 3 สถานะโอเวอร์โหลด
I8.2	ปั๊มสูบน้ำ 3 สถานะอุณหภูมิสูง
I8.3	ปั๊มสูบน้ำ 3 สถานะความชื้น
I8.4	ระดับน้ำที่ 1
I8.5	ระดับน้ำที่ 2
I8.6	ระดับน้ำที่ 3
I8.7	ระดับน้ำที่ 4
I9.0	ระดับน้ำที่ 5
I9.1	โฟลว์สวิทช์ 1
I9.2	โฟลว์สวิทช์ 2
I9.3	โฟลว์สวิทช์ 3
I9.4	สถานะของเอทีเอส
I9.5	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถานะทำงาน
I9.6	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าระดับน้ำมันต่ำ
I9.7	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าระดับน้ำมันสูง

7. วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Input Module 2 แสดงในรูปที่ 3.28 เชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอลอินพุตกับอุปกรณ์ภายนอกของระบบอุโมงค์ทางลอด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.13



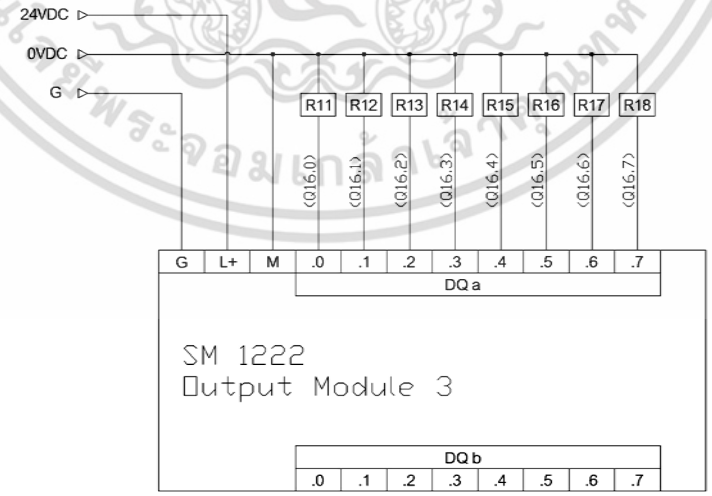
รูปที่ 3.28 วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Input Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.13 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Input Module 2

อินพุต	รายละเอียด
I12.0	ระบบไฟฟ้าขัดข้อง
I12.1	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศเหนือ Auto Switch
I12.2	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศเหนือ Remote Switch
I12.3	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศเหนือสถานะเปิด
I12.4	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศเหนือสถานะปิด
I12.5	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศใต้ Auto Switch
I12.6	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศใต้ Remote Switch
I12.7	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศใต้สถานะเปิด
I13.0	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศใต้สถานะปิด
I13.1	Spare
I13.2	Spare
I13.3	Spare
I13.4	Spare
I13.5	Spare
I13.6	Spare
I13.7	Spare

8. วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Output Module 3 แสดงในรูปที่ 3.29 เชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุตกับอุปกรณ์ภายนอกของระบบอุโมงค์ทางลอด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.14



รูปที่ 3.29 วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Output Module 3

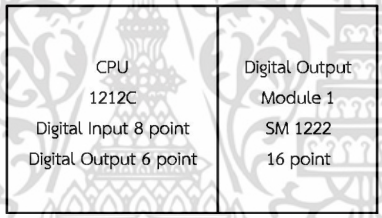
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.14 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 1 Digital Output Module 3

เอาท์พุต	รายละเอียด
Q16.0	ไม้กั้นจราจรทิศใต้เปิด
Q16.1	ไม้กั้นจราจรทิศใต้ปิด
Q16.2	เสียงสัญญาณเตือนภัยทำงาน
Q16.3	ไฟสัญญาณเตือนภัยทำงาน
Q16.4	Spare
Q16.5	Spare
Q16.5	Spare
Q16.7	Spare

3.3.2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 2

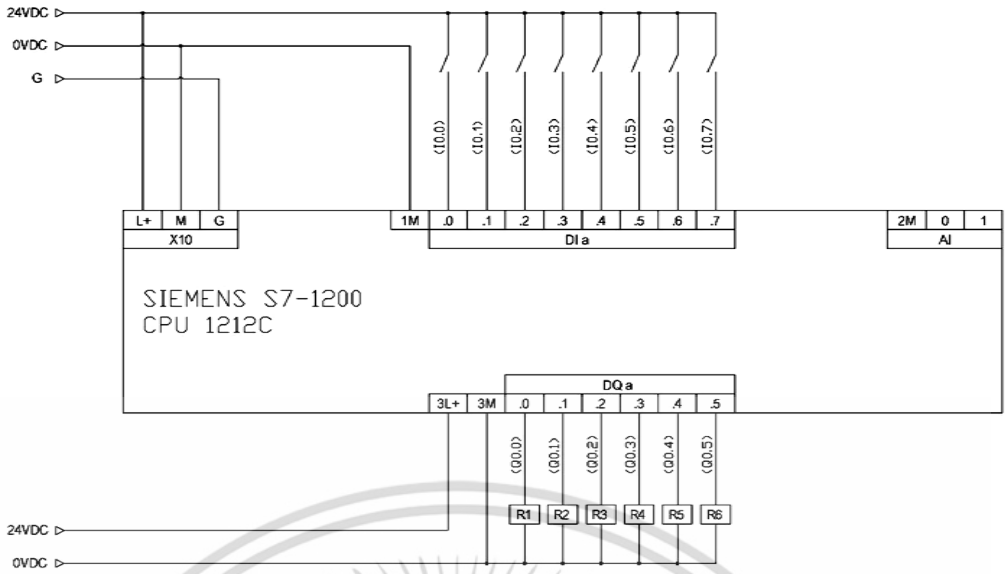
การออกแบบวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 2 ควบคุมการทำงานต่างๆของระบบอุโมงค์ทางลอดประกอบด้วย 1212C และ Digital Output Module 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 แสดงการเชื่อมต่อโมดูลของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 2

1. วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 2 CPU 1212C แสดงในรูปที่ 3.31 เชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอลอินพุตและดิจิตอลเอาท์พุตกับอุปกรณ์ภายนอกของระบบอุโมงค์ทางลอด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.15 และตารางที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 2 CPU 1212C

ตารางที่ 3.15 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าอินพุตของพีแอลซี 2 CPU 1212C

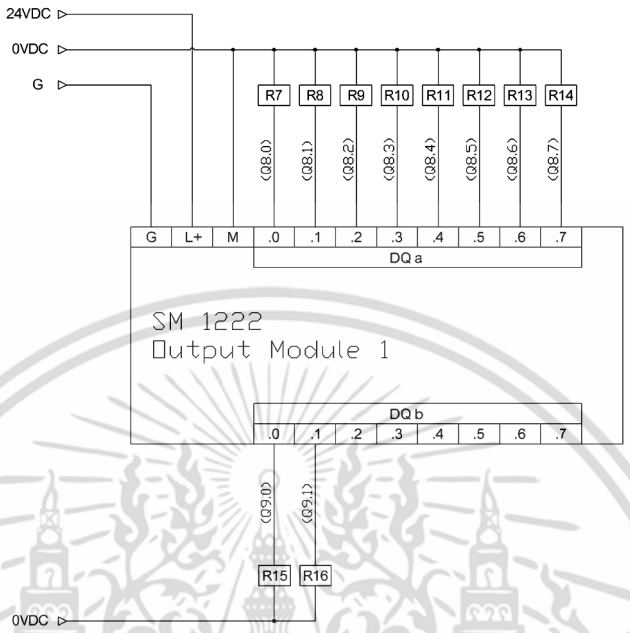
อินพุต	รายละเอียด
I0.0	ระดับน้ำที่ 1
I0.1	ระดับน้ำที่ 5
I0.2	Spare
I0.3	Spare
I0.4	Spare
I0.5	Spare
I0.6	Spare
I0.7	Spare

ตารางที่ 3.16 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าเอาท์พุตของพีแอลซี 2 CPU 1212C

เอาท์พุต	รายละเอียด
Q0.0	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือช่องทางจราจรที่ 1 อันดับที่ 1 เปิดช่องทาง
Q0.1	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือช่องทางจราจรที่ 1 อันดับที่ 1 ปิดช่องทาง
Q0.2	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือช่องทางจราจรที่ 1 อันดับที่ 2 เปิดช่องทาง
Q0.3	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือช่องทางจราจรที่ 1 อันดับที่ 2 ปิดช่องทาง
Q0.4	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือช่องทางจราจรที่ 2 อันดับที่ 1 เปิดช่องทาง
Q0.5	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือช่องทางจราจรที่ 2 อันดับที่ 1 ปิดช่องทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 2 Digital Output Module 1 แสดงในรูปที่ 3.32 เชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุตกับอุปกรณ์ภายนอกของระบบอุโมงค์ทางลอด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.17



รูปที่ 3.32 วงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 2 Digital Output Module 1

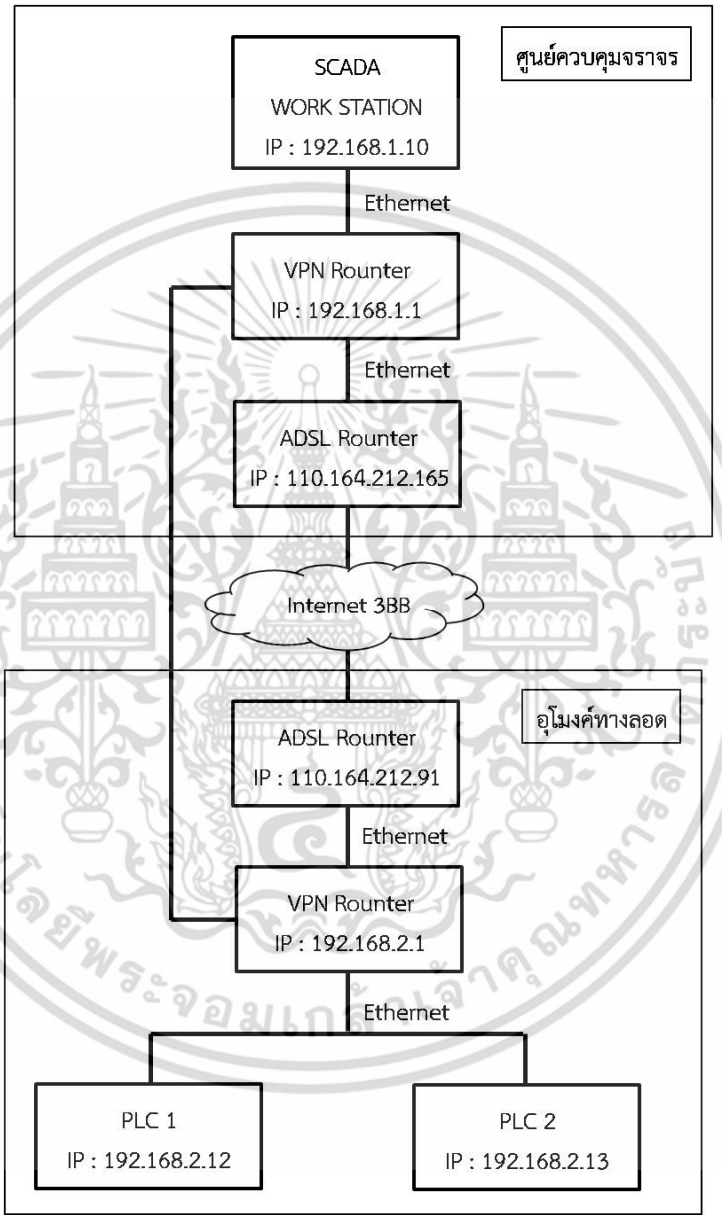
ตารางที่ 3.17 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าของพีแอลซี 2 Digital Output Module 1

อินพุต	รายละเอียด
Q8.0	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือช่องทางจราจรที่ 2 อันดับที่ 2 เปิดช่องทาง
Q8.1	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือช่องทางจราจรที่ 2 อันดับที่ 2 ปิดช่องทาง
Q8.2	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้ช่องทางจราจรที่ 1 อันดับที่ 1 เปิดช่องทาง
Q8.3	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้ช่องทางจราจรที่ 1 อันดับที่ 1 ปิดช่องทาง
Q8.4	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้ช่องทางจราจรที่ 1 อันดับที่ 2 เปิดช่องทาง
Q8.5	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้ช่องทางจราจรที่ 1 อันดับที่ 2 ปิดช่องทาง
Q8.6	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้ช่องทางจราจรที่ 2 อันดับที่ 1 เปิดช่องทาง
Q8.7	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้ช่องทางจราจรที่ 2 อันดับที่ 1 ปิดช่องทาง
Q9.0	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้ช่องทางจราจรที่ 2 อันดับที่ 2 เปิดช่องทาง
Q9.1	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้ช่องทางจราจรที่ 2 อันดับที่ 2 ปิดช่องทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบการสื่อสารของระบบสกาด้า

การออกแบบการสื่อสารของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดดังแสดงในรูปที่ 3.33 แสดงการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจรกับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 ที่อุโมงค์ทางลอด



รูปที่ 3.33 การออกแบบการสื่อสารของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด

จากรูปที่ 3.33 การออกแบบการสื่อสารของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด สื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ด้วยระบบเครือข่าย Ethernet ประกอบด้วยอุปกรณ์การสื่อสารข้อมูลและหมายเลข IP Address ดังแสดงในตารางที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.18 อุปกรณ์การสื่อสารข้อมูลและหมายเลข IP Address

เครือข่าย	อุปกรณ์	หมายเลข IP
ศูนย์ควบคุมจราจร	คอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้า	192.168.1.10
	VPN Router	192.168.1.1
	ADSL Router	110.164.212.165 (Fix IP)
อุโมงค์ทางลอด	พีแอลซี 1	192.168.2.12
	พีแอลซี 2	192.168.2.13
	VPN Router	192.168.2.1
	ADSL Router	110.164.212.91 (Fix IP)

จากตารางที่ 3.18 แสดงอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลและหมายเลข IP Address ระหว่างศูนย์ควบคุมจราจรและอุโมงค์ทางลอด ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้า, VPN Router, ADSL Router, พีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 โดยคุณลักษณะมีดังนี้

1. คอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้า

รูปที่ 3.34 คอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้า

จากรูปที่ 3.34 คอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้า ยี่ห้อ DELL รุ่น OPTIPLEX 3020 มีคุณลักษณะแสดงในตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19 คุณลักษณะคอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้า

คุณลักษณะ	รายละเอียด
ระบบปฏิบัติการ	Windows 7 Professional SP1 64 bit
ซีพียู	Core i5 3.00GHz.
หน่วยความจำ	4 GB
ฮาร์ดดิส	1 TB
การ์ดจอ	NVIDIA GeForce 210, memory 2500 MB, 1920 x 1080 Pixell full HD
หน้าจอแสดงผล	LED Monitor 19 นิ้ว DELL รุ่น E1914H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. VPN Router

รูปที่ 3.35 VPN Router ยี่ห้อ Mikrotik โมเดล RB450G

รูปที่ 3.35 VPN Router ยี่ห้อ MikroTiK ทำหน้าที่เชื่อมต่อระบบเครือข่าย Ethernet ฝั่งศูนย์ควบคุมจราจรกับเครือข่าย Ethernet ฝั่งอุโมงค์ทางลอด ผ่านระบบเครือข่าย Internet มีคุณลักษณะแสดงในตารางที่ 3.20

ตารางที่ 3.20 คุณลักษณะของ VPN Router ยี่ห้อ Mikrotik โมเดล RB450G

คุณลักษณะ	รายละเอียด
โมเดล	RB450G
ซีพียู	AR7161-BC1A, 680 MHz
หน่วยความจำ	256 MB
Ethernet ports	5 ports RJ-45, 10/100/1000 Mbps
แรงดันไฟฟ้าอินพุท	8 - 28 VDC
อุณหภูมิขณะทำงาน	-40°C .. +70°C

3. ADSL Router

รูปที่ 3.36 ADSL Router ยี่ห้อ 3BB โมเดล NT3BB-1PWN-124

รูปที่ 3.36 ADSL Router เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เชื่อมต่อระบบเครือข่าย Internet มีคุณลักษณะแสดงในตารางที่ 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.21 คุณลักษณะของ ADSL Router ยี่ห้อ 3BB โมเดล NT3BB-1PWN-124

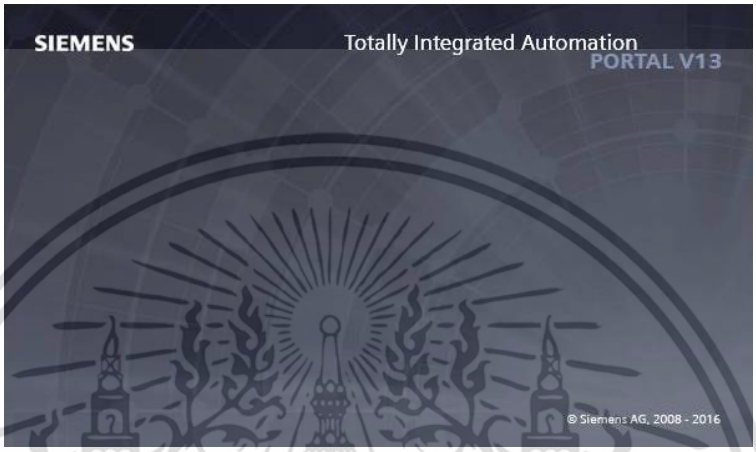
คุณลักษณะ	รายละเอียด
โมเดล	NT3BB-1PWN-124
Ethernet Interface	10/100Base-T
ความเร็วการดาวน์โหลด	24 Mbps
ความเร็วการอัปโหลด	1 Mbps
Wireless Mode	802.11n Wireless 150

คุณลักษณะของพีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3.2 การสื่อสารข้อมูลของระบบสกาด้าระหว่างคอมพิวเตอร์แสดงผลสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจรกับพีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 ที่อุโมงค์ทางลอด แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.33 มีการสื่อสารข้อมูลด้วยระบบเครือข่าย Ethernet โดยใช้อุปกรณ์ VPN Router ทำหน้าที่เชื่อมต่อระบบเครือข่าย Ethernet ที่ศูนย์ควบคุมจราจรกับเครือข่าย Ethernet ที่อุโมงค์ทางลอด ผ่านระบบเครือข่าย Internet เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อข้อมูลให้เป็นระบบเครือข่ายเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบซอร์ฟแวร์ของระบบสกาด้า

การออกแบบซอร์ฟแวร์ของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดใช้ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13 แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.37 ของบริษัท SIEMENS ในออกแบบโปรแกรมคำสั่งพีแอลซี และการแสดงผลของหน้าจอสกาด้า ควบคุมการทำงานระบบอุโมงค์ทางลอดทั้ง 5 ระบบ



รูปที่ 3.37 ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13

3.5.1 ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13

ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13 สำหรับออกแบบโปรแกรมคำสั่งพีแอลซีและแสดงผลระบบสกาด้าควบคุมการทำงานระบบอุโมงค์ทางลอด 5 ระบบ มีการทำงานฟังก์ชั่นหลักและฟังก์ชั่นย่อย โดยรายละเอียดของฟังก์ชั่นหลักแสดงในตารางที่ 3.22

1 . ฟังก์ชั่นหลักของซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13

ตารางที่ 3.22 ฟังก์ชั่นหลักของซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13

ฟังก์ชั่นหลัก	รายละเอียด
Start	การจัดการโปรเจค
Devices & Networks	การตั้งค่าอุปกรณ์และระบบเครือข่าย
PLC programming	การออกแบบโปรแกรมคำสั่งแลดเดอร์พีแอลซี
Motion & Technology	การควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์และ PID
Visualization	การออกแบบหน้าจอแสดงผล
Online & Diagnostics	การออนไลน์และตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบเครือข่าย

จากตารางที่ 3.22 แสดงฟังก์ชั่นหลักการใช้งานของซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13 แบ่งฟังก์ชั่นตามการใช้งานของซอร์ฟแวร์ ตั้งแต่การสร้างโปรเจค การเลือกอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีและคอมพิวเตอร์แสดงผลสกาด้า การตั้งค่าระบบเครือข่ายของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีและคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

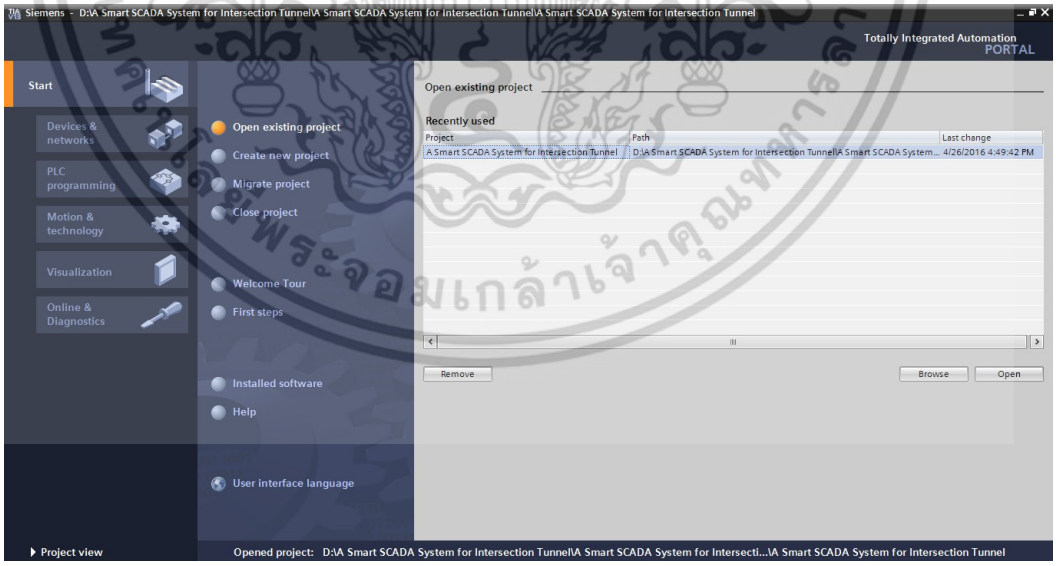
แสดงผลสกาด้า การออกแบบโปรแกรมคำสั่งแลดเดอร์พีแอลซี การออกแบบหน้าจอแสดงผลสกาด้า และการออนไลน์หน้าจอสกาด้าแสดงสถานะการสื่อสารกับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี

2. ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Start

ตารางที่ 3.23 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Start

ฟังก์ชั่นย่อย	รายละเอียด
Open existing project	การเปิดโปรเจคที่มีอยู่
Create new project	การสร้างโปรเจคใหม่
Migrate project	การย้ายโปรเจค
Close Project	การปิดโปรเจค
Welcome Tour	แนะนำซอร์ฟแวร์เบื้องต้น
First steps	แนะนำการใช้งานซอร์ฟแวร์เบื้องต้น
Installed software	เวอร์ชั่นของซอร์แวร์ปัจจุบัน
Help	คู่มือแนะนำ
User interface language	ภาษาของซอร์ฟแวร์

จากตารางที่ 3.23 แสดงฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Start เป็นฟังก์ชั่นสำหรับการจัดการโปรเจค ส่วนประกอบหลักของฟังก์ชั่นนี้ประกอบด้วย การสร้างโปรเจคใหม่ การเปิดโปรเจค การย้ายโปรเจค การปิดโปรเจค การแนะนำการใช้ซอร์ฟแวร์ เวอร์ชั่นของซอร์แวร์ คู่มือแนะนำและภาษาของซอร์ฟแวร์ แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Start

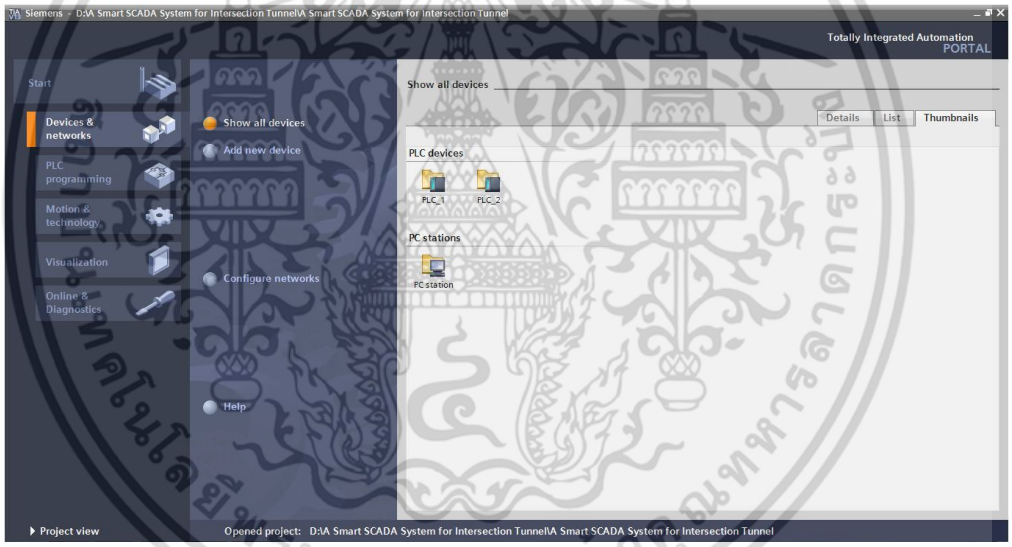
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Devices & Networks

ตารางที่ 3.24 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Devices & Networks

ฟังก์ชั่นย่อย	รายละเอียด
Show all devices	แสดงอุปกรณ์ทั้งหมด
Add new device	การเพิ่มอุปกรณ์ใหม่
Configure networks	การตั้งค่าเครือข่าย
Help	คู่มือแนะนำ

จากตารางที่ 3.24 แสดงฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Devices & Networks เป็นฟังก์ชั่นสำหรับการเลือกอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์แสดงผลต่างๆ รวมถึงการตั้งค่าระบบเครือข่ายของอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์แสดงผล ส่วนประกอบหลักของฟังก์ชั่นนี้ประกอบด้วย การแสดงอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์แสดงผลทั้งหมด การเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมและแสดงผลใหม่ และการตั้งค่าเครือข่ายของอุปกรณ์ แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.39 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Devices & Networks

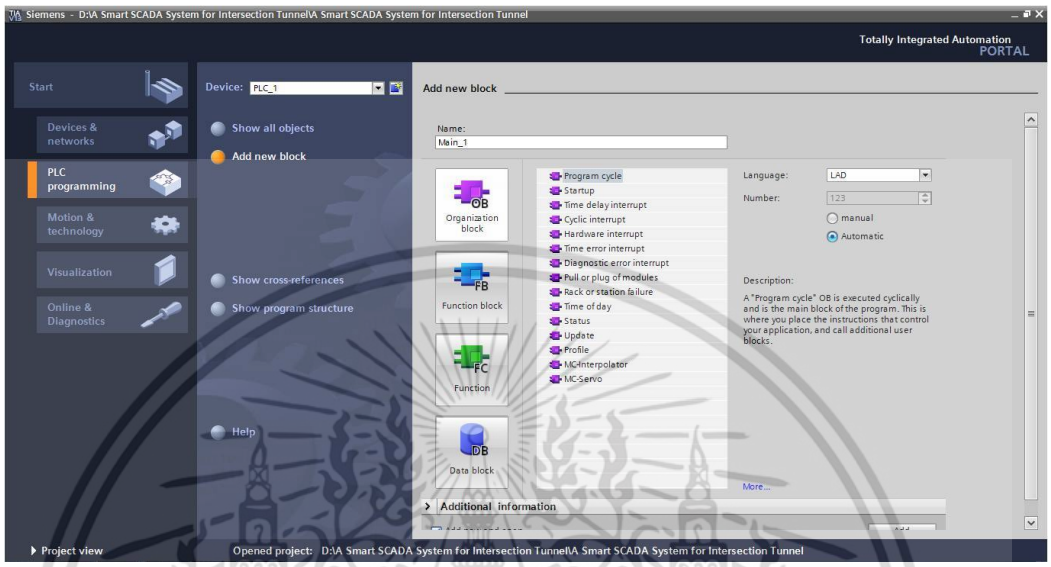
4. ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น PLC programming

ตารางที่ 3.25 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น PLC programming

ฟังก์ชั่นย่อย	รายละเอียด
Show all objects	แสดงคำสั่งโปรแกรมทั้งหมด
Add new block	การเพิ่มบล็อคคำสั่งใหม่
Show cross-references	แสดงการอ้างอิงคำสั่ง
Show program structure	แสดงโครงสร้างโปรแกรม
Help	คู่มือแนะนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.25 แสดงฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น PLC programming เป็นฟังก์ชั่นสำหรับการออกแบบโปรแกรมคำสั่งพีแอลซี ส่วนประกอบหลักของฟังก์ชั่นนี้ประกอบด้วย แสดงคำสั่งโปรแกรมทั้งหมดของอุปกรณ์ควบคุม การเพิ่มบล็อคคำสั่งของอุปกรณ์ควบคุม แสดงการอ้างอิงคำสั่ง และแสดงโครงสร้างโปรแกรมของอุปกรณ์ควบคุม แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น PLC programming

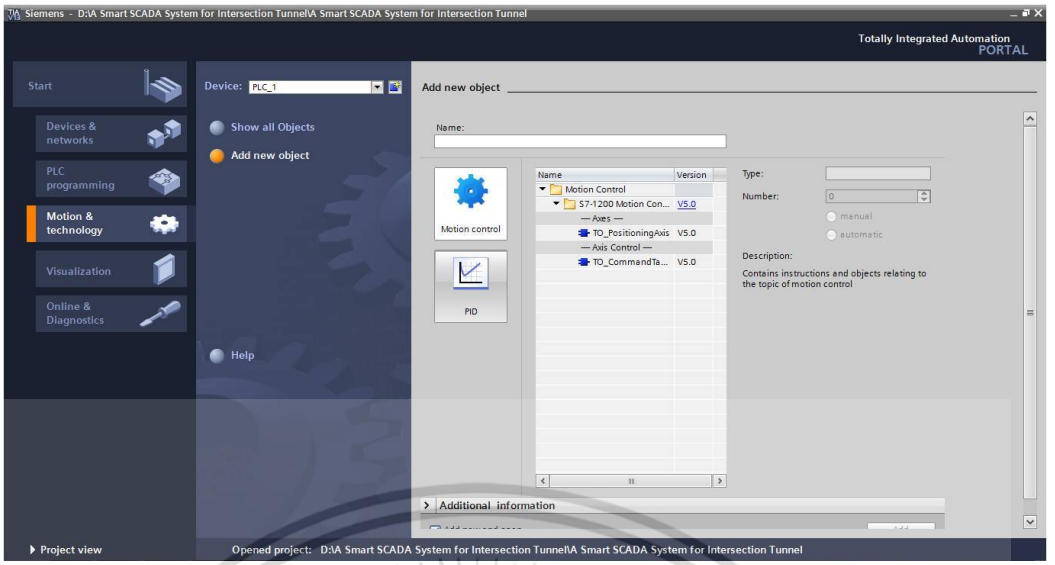
5. ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Motion & Technology

ตารางที่ 3.26 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Motion & Technology

ฟังก์ชั่นย่อย	รายละเอียด
Show all objects	แสดงคำสั่งโปรแกรมทั้งหมด
Add new objects	การเพิ่มคำสั่งโปรแกรมใหม่
Help	คู่มือแนะนำ

จากตารางที่ 3.26 แสดงฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Motion & Technology เป็นฟังก์ชั่นสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์(Motion Control) และคำสั่งระบบควบคุมแบบป้อนกลับ PID (Proportion-Integral-Derivative Controller) ส่วนประกอบหลักของฟังก์ชั่นนี้ประกอบด้วย คำสั่งแสดงโปรแกรมทั้งหมดลและการเพิ่มคำสั่งโปรแกรมใหม่ แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.41 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Motion & Technology

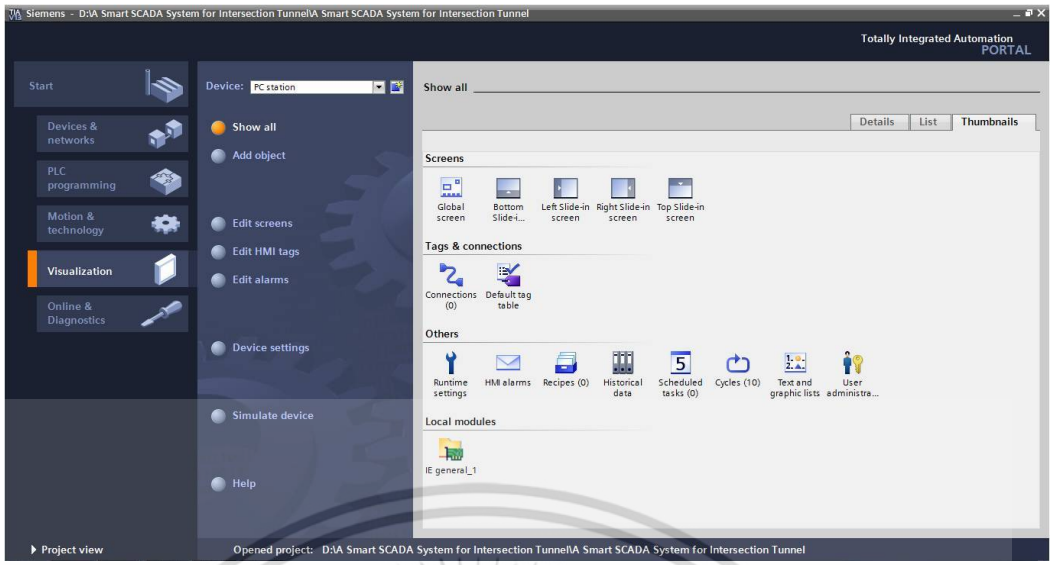
6. ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Visualization

ตารางที่ 3.27 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Visualization

ฟังก์ชั่นย่อย	รายละเอียด
Show all	แสดงหน้าจอทั้งหมด
Add objects	การเพิ่มหน้าจอใหม่
Edit screens	การแก้ไขหน้าจอ
Edit HMI tags	การแก้ไขแท็กของหน้าจอ
Edit alarms	การแก้ไขการเตือนภัย
Device settings	การตั้งค่าอุปกรณ์
Simulate devices	การจำลองการทำงานของอุปกรณ์
Help	คู่มือแนะนำ

จากตารางที่ 3.27 แสดงฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Visualization เป็นฟังก์ชั่นสำหรับการจัดการหน้าจอแสดงผล ส่วนประกอบหลักของฟังก์ชั่นนี้ประกอบด้วย แสดงหน้าจอทั้งหมด การเพิ่มหน้าจอใหม่ การแก้ไขหน้าจอ การแก้ไขแท็กของหน้าจอ การแก้ไขการเตือนภัย และการตั้งค่าอุปกรณ์ การจำลองการทำงานของอุปกรณ์ แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Visualization

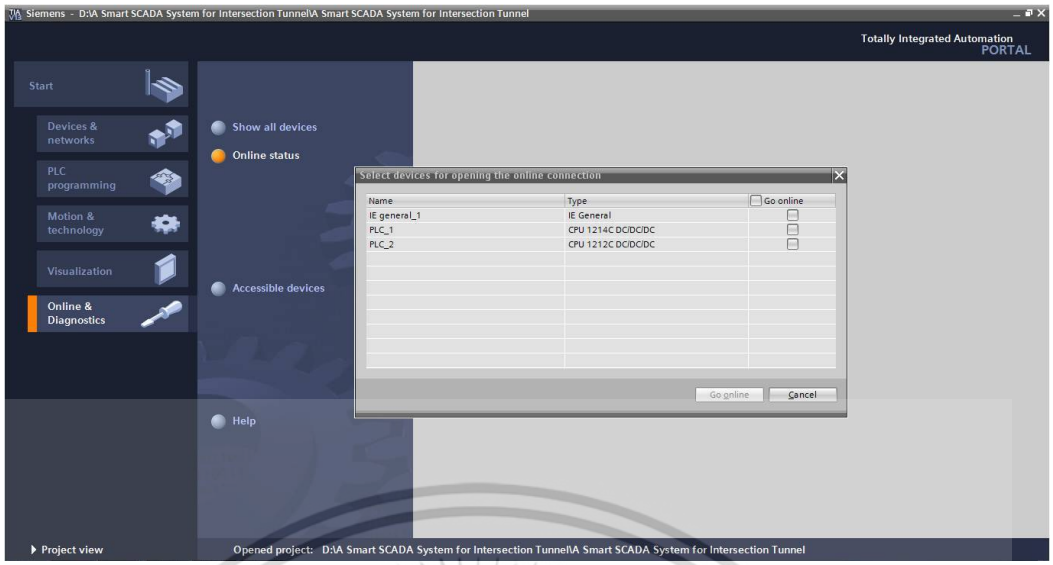
7. ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Online & Diagnostics

ตารางที่ 3.28 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Online & Diagnostics

ฟังก์ชั่นย่อย	รายละเอียด
Show all devices	แสดงอุปกรณ์ทั้งหมด
Online Status	แสดงสถานะการออนไลน์
Accessible devices	การค้นหาอุปกรณ์
Help	คู่มือแนะนำ

จากตารางที่ 3.28 แสดงฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Online & Diagnostics เป็นฟังก์ชั่นสำหรับการออนไลน์และตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายเดียวกันทั้งหมด ส่วนประกอบหลักของฟังก์ชั่นนี้ประกอบด้วย แสดงอุปกรณ์ทั้งหมด แสดงสถานะการออนไลน์ของอุปกรณ์ และการค้นหาอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายเดียวกัน แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.43

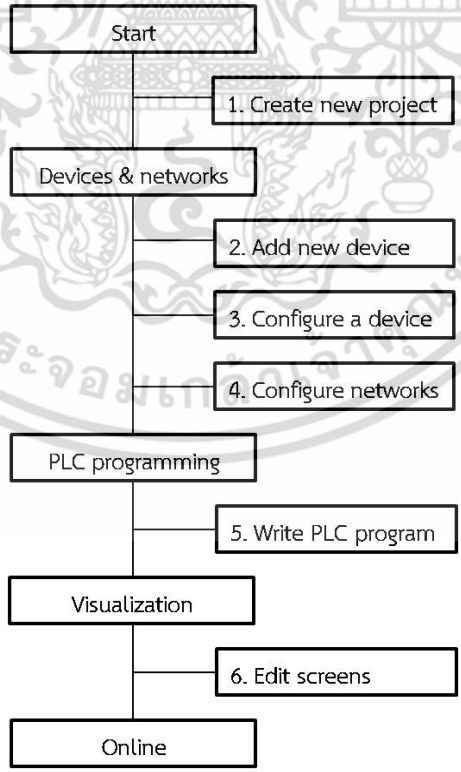
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.43 ฟังก์ชั่นย่อยของฟังก์ชั่น Online & Diagnostics

3.5.2 ขั้นตอนการออกแบบซอร์ฟแวร์สกาด้า

ขั้นตอนการออกแบบซอร์ฟแวร์ของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดโดยใช้ TIA PORTAL V13 โดยมีขั้นตอนการออกแบบแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.44



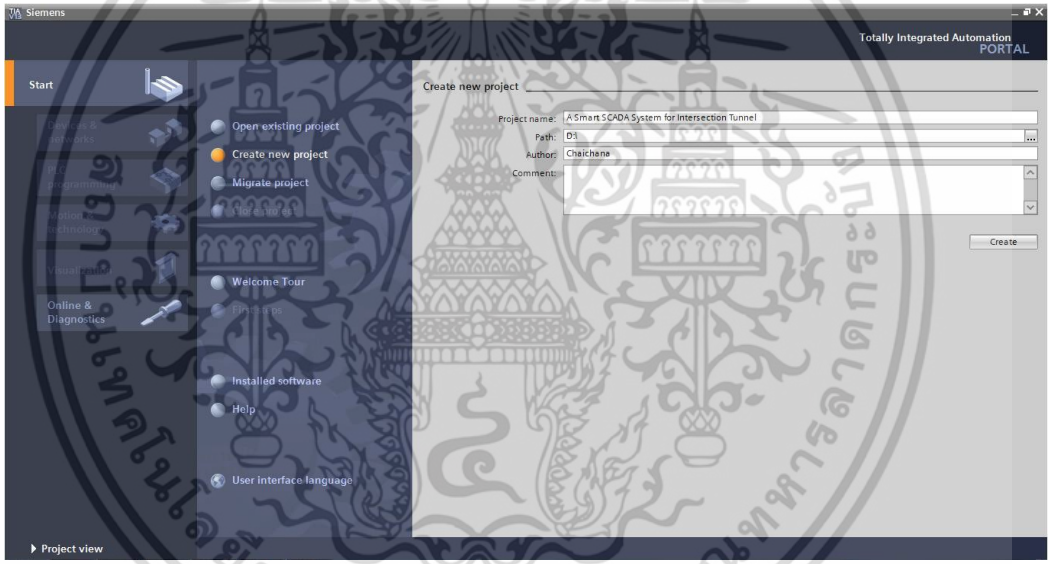
รูปที่ 3.44 ขั้นตอนการออกแบบระบบสกาด้าโดยใช้ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการออกแบบระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด มีขั้นตอนการออกแบบซอร์ฟแวร์ดังนี้

1. Create new project การสร้างโปรเจคใหม่เป็นคำสั่งเริ่มต้นในการออกแบบระบบสกาด้า การตั้งชื่อโปรเจค ตำแหน่งการบันทึกข้อมูลโปรเจค และสร้างโปรเจคเพื่อเริ่มต้นการออกแบบ รายละเอียดแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.45 ดังนี้

Project name : ตั้งชื่อโปรเจค
: A Smart SCADA System for Intersection Tunnel
Path : ตำแหน่งการบันทึกข้อมูลโปรเจค
: D:\
Author : ชื่อผู้เขียนโปรแกรม
: Chaichana
Comment : ความคิดเห็น
Create : สร้างโปรเจค

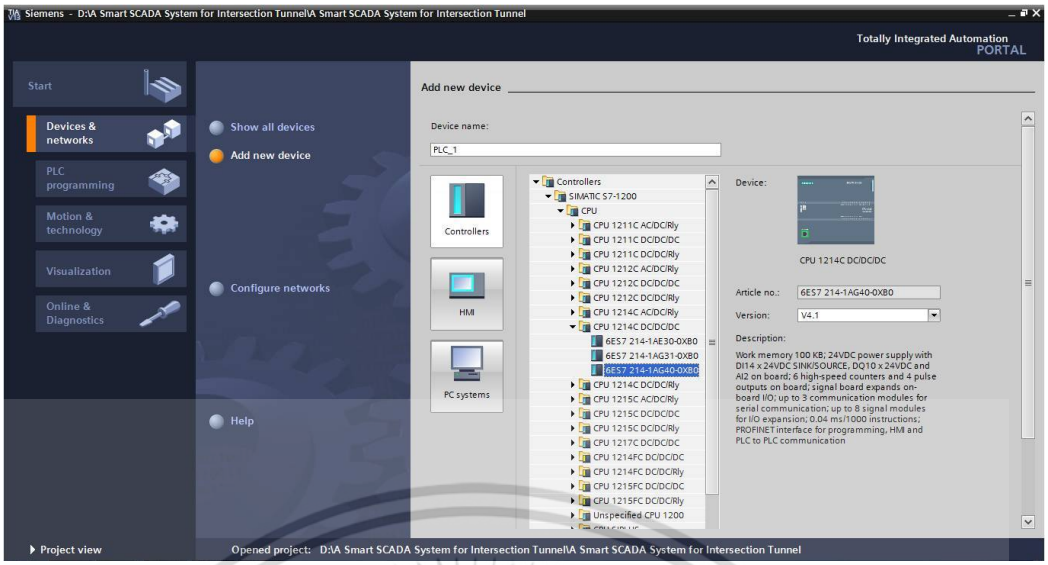


รูปที่ 3.45 ขั้นตอนการออกแบบ Create new project

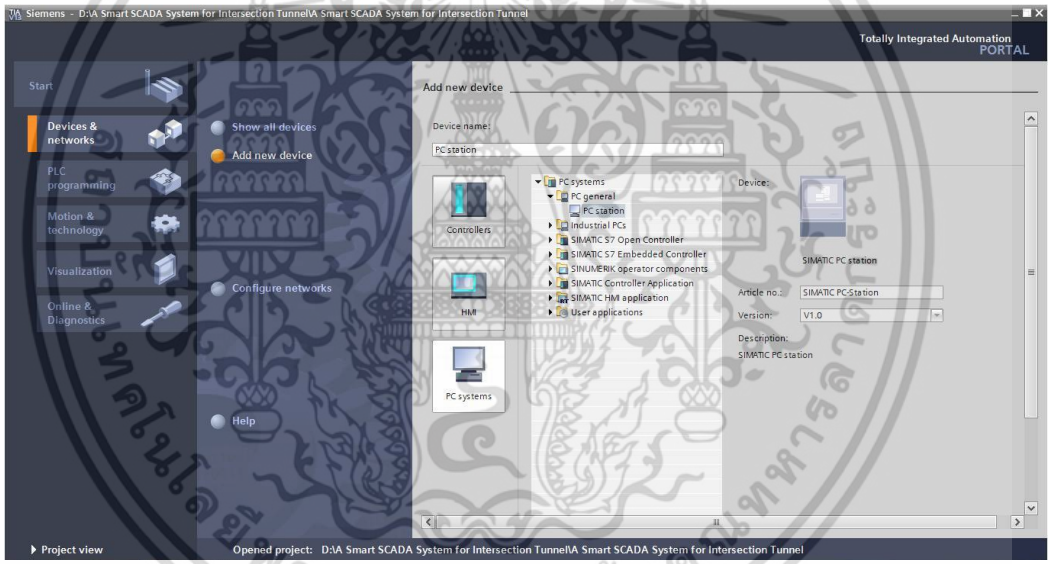
2. Add new device การเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีและอุปกรณ์แสดงผล ทำการเพิ่มอุปกรณ์โดยการเลือกรุ่นของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.46 ตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 3.2 ในหมวด Controllers และเลือกอุปกรณ์แสดงผลระบบสกาด้าในหมวด PC systems เพื่อเลือกคอมพิวเตอร์ที่แสดงผลระบบสกาด้า ดังแสดงในรูปที่ 3.47 รายละเอียดการเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีและอุปกรณ์แสดงผลมีดังนี้

Controllers : เลือกอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 3.2
พีแอลซี 1 รุ่น CPU 1214C DC/DC/DC รหัส 6ES7 214-1AG40-0XB0
พีแอลซี 2 รุ่น CPU 1212C DC/DC/DC รหัส 6ES7 212-1AG40-0XB0
PC Systems : เลือกอุปกรณ์แสดงผลระบบสกาด้า
เลือกอุปกรณ์แสดงผล PC station

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.46 การเลือกอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีในซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13



รูปที่ 3.47 การเลือกอุปกรณ์แสดงผลในซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13

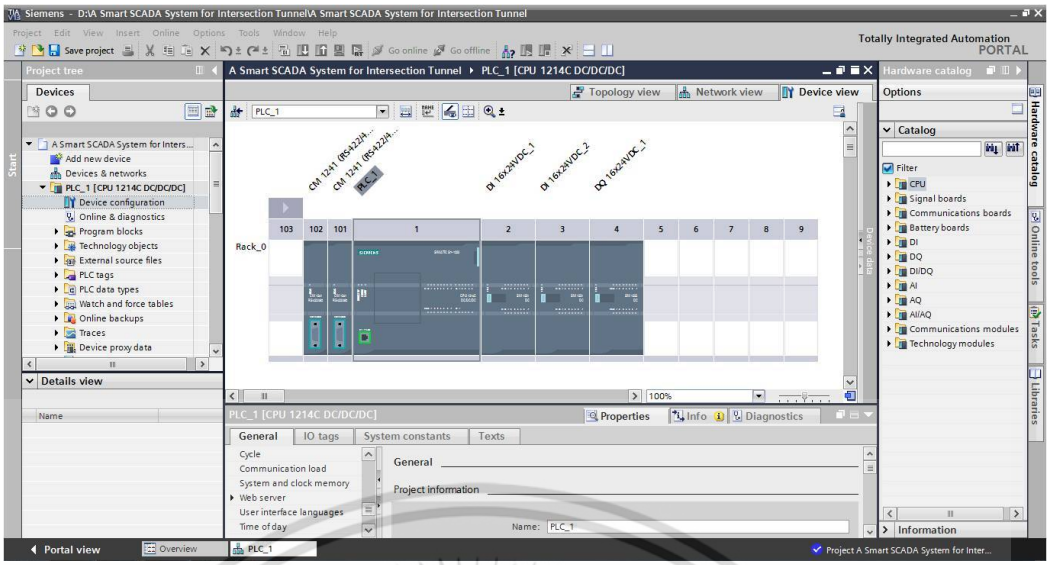
3. **Configure a device** การตั้งค่าอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีและอุปกรณ์แสดงผลของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด โดยการเลือกโมดูลของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 สามารถเลือกตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 3.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

พีแอลซี 1 ประกอบด้วยโมดูลดิจิตอลอินพุต โมดูลดิจิตอลเอาท์พุต และโมดูลการสื่อสาร RS422/RS485 แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.48

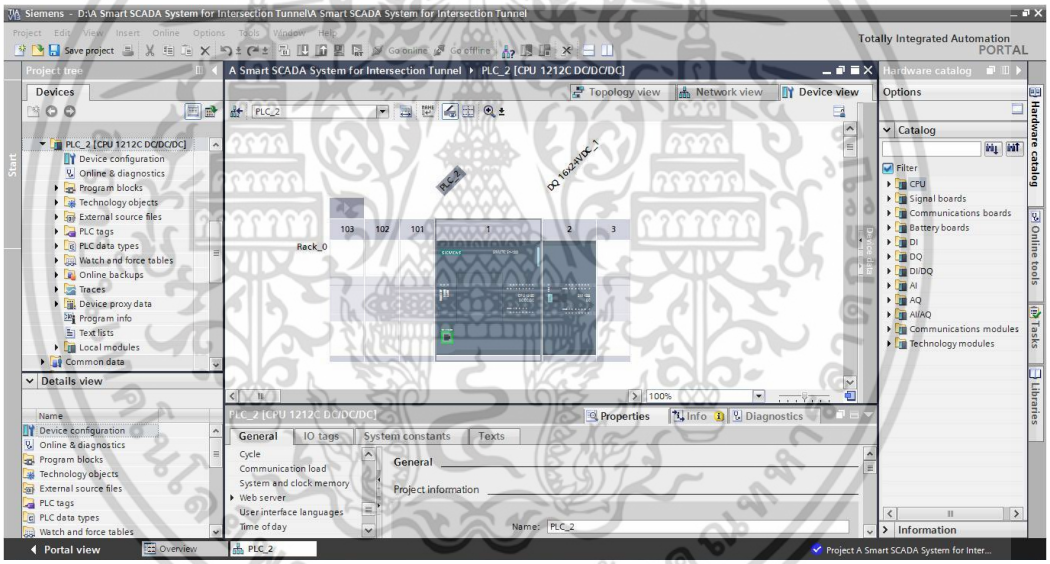
พีแอลซี 2 ประกอบด้วยโมดูลดิจิตอลเอาท์พุต แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.49

การตั้งค่าอุปกรณ์แสดงผล PC Station ตั้งค่าการสื่อสารระบบเครือข่าย Ethernet โดยเลือกตั้งค่าโมดูล IE general และตั้งค่าการออนไลน์โดยเลือกตั้งค่า WinCC RT Advanced ดังแสดงในรูปที่ 3.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

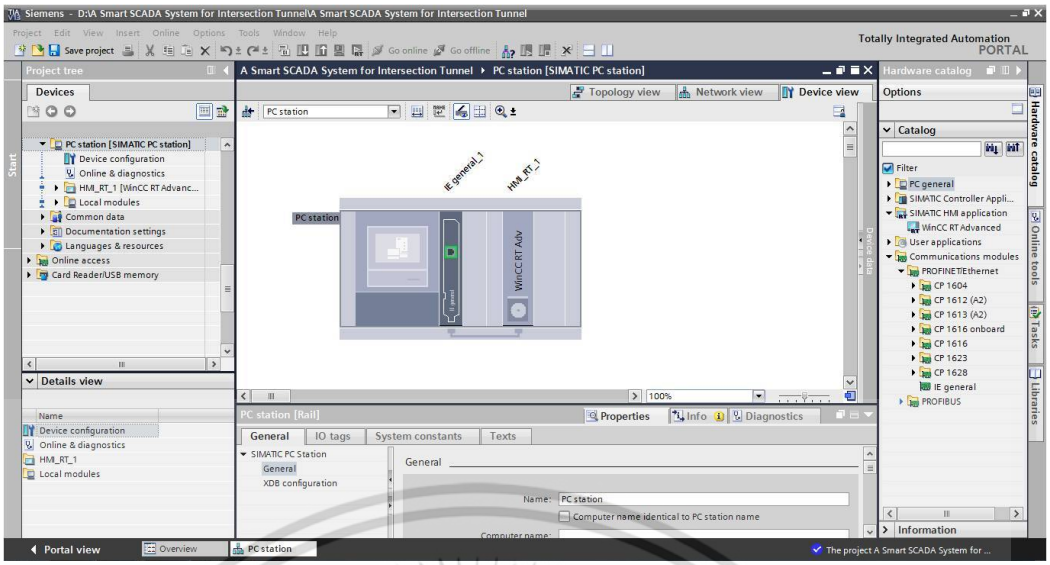


รูปที่ **3.48** การตั้งค่าอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1



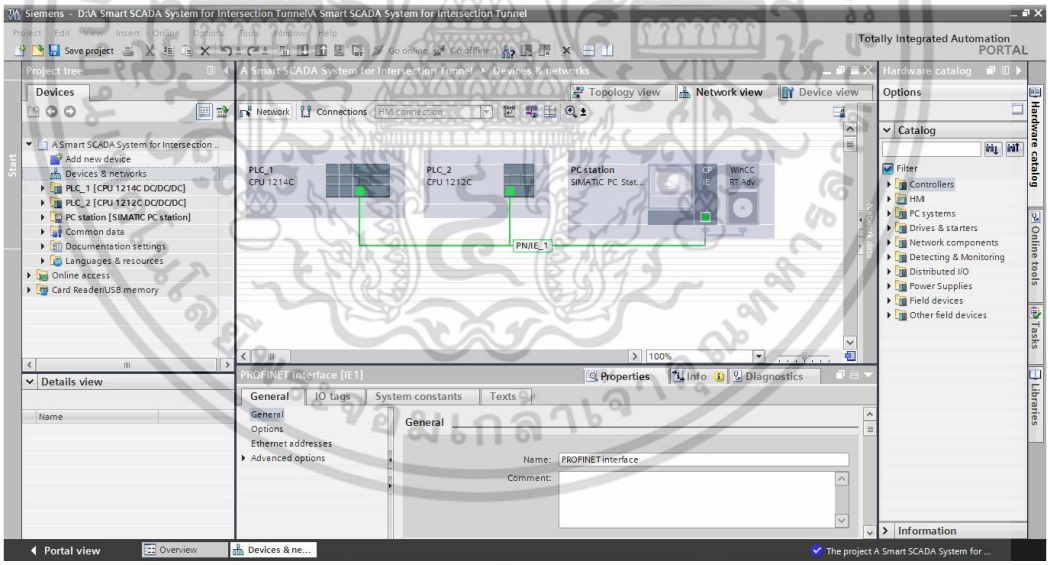
รูปที่ **3.49** การตั้งค่าอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.50 การตั้งค่าอุปกรณ์แสดงผล

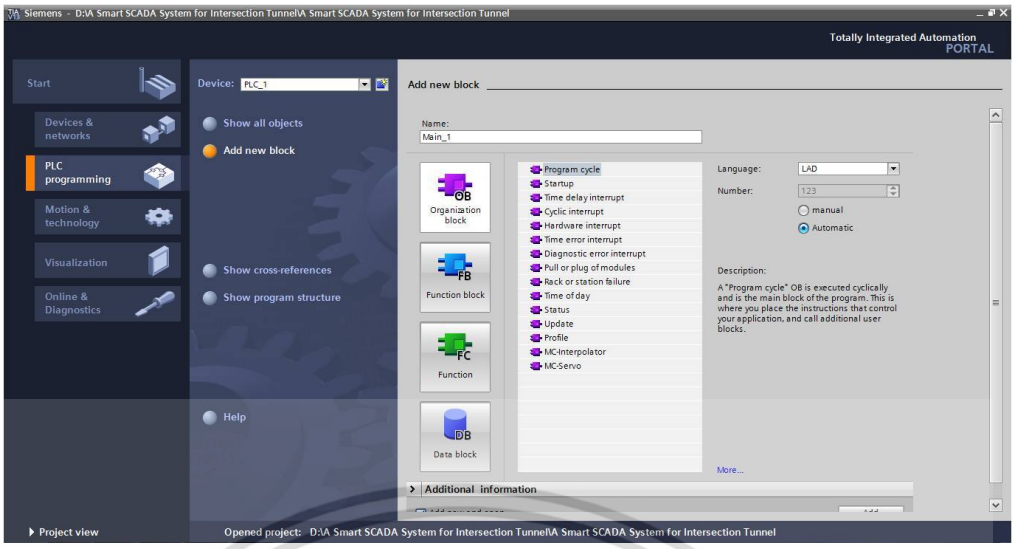
4. Configure networks การตั้งค่าระบบเครือข่ายของอุปกรณ์ ตั้งค่าการเชื่อมต่อระบบด้วยเครือข่ายระหว่างอุปกรณ์พีแอลซี 1 พีแอลซี 2 และอุปกรณ์แสดงผลด้วยเครือข่าย Ethernet ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.51



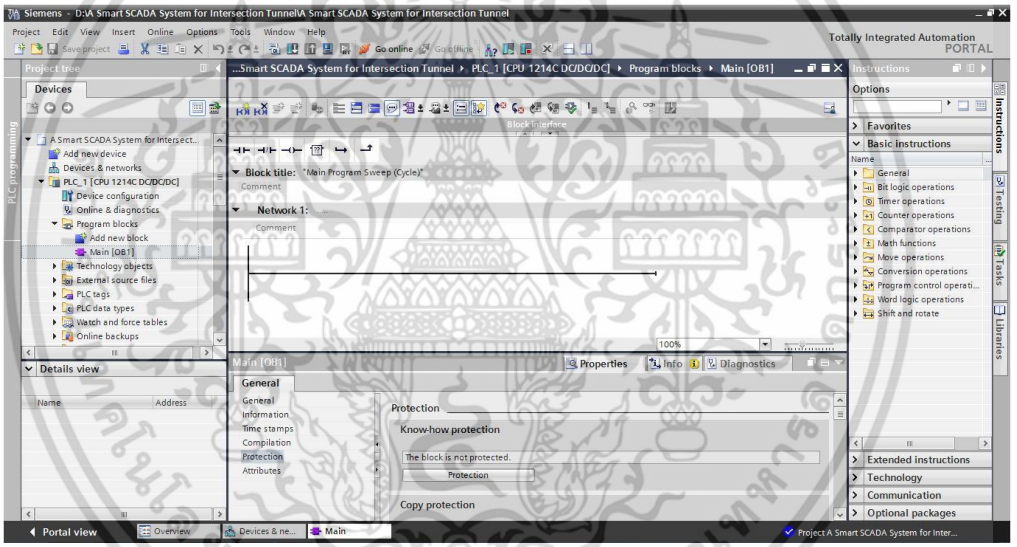
รูปที่ 3.51 การตั้งค่าระบบเครือข่าย

5. Write PLC program การเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์พีแอลซีเพื่อควบคุมการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดโดยใช้ซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13 มีชุดคำสั่งแบ่งออกเป็น 4 บล็อคคำสั่งหลักประกอบด้วย Organization block, Function block, Function และ Data block ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

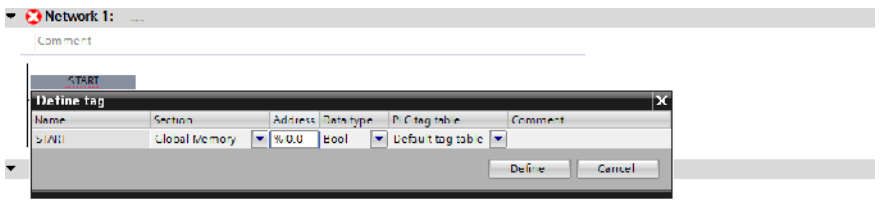


รูปที่ 3.52 คำสั่งโปรแกรมพีแอลซีของซอร์ฟแวร์ TIA PORTAL V13



รูปที่ 3.53 หน้าซอร์ฟแวร์การเขียนโปรแกรมแลดเดอร์

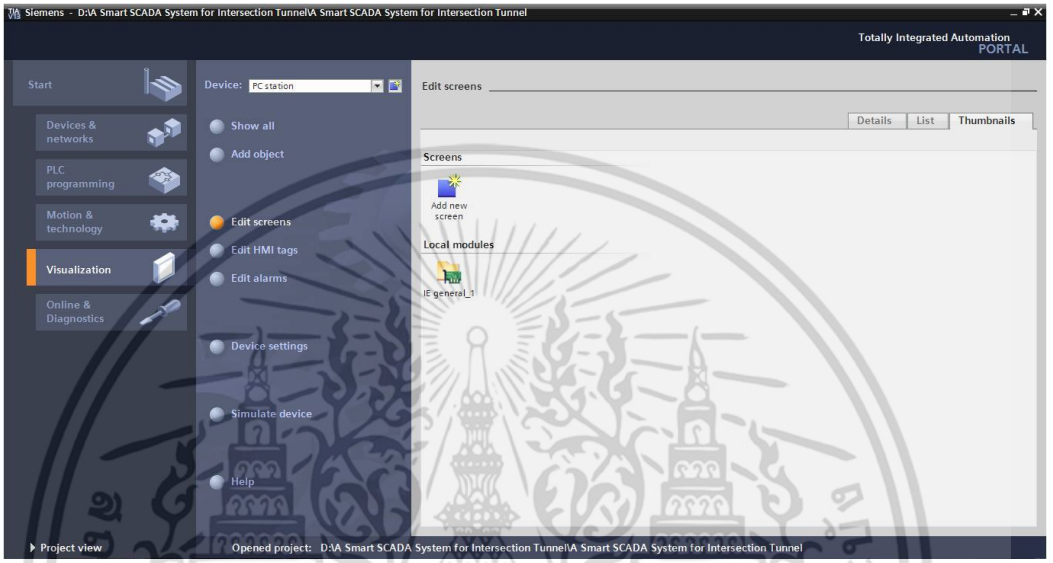
จากรูปที่ 3.53 แสดงหน้าซอร์ฟแวร์การเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี โดยมีชุดคำสั่งพื้นฐาน เช่นคำสั่งนับเวลา, เคาน์เตอร์นับจำนวน เป็นต้น การเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ต้องมีการตั้งค่าแท็กเพื่อกำหนดแอสเดรสในการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.54



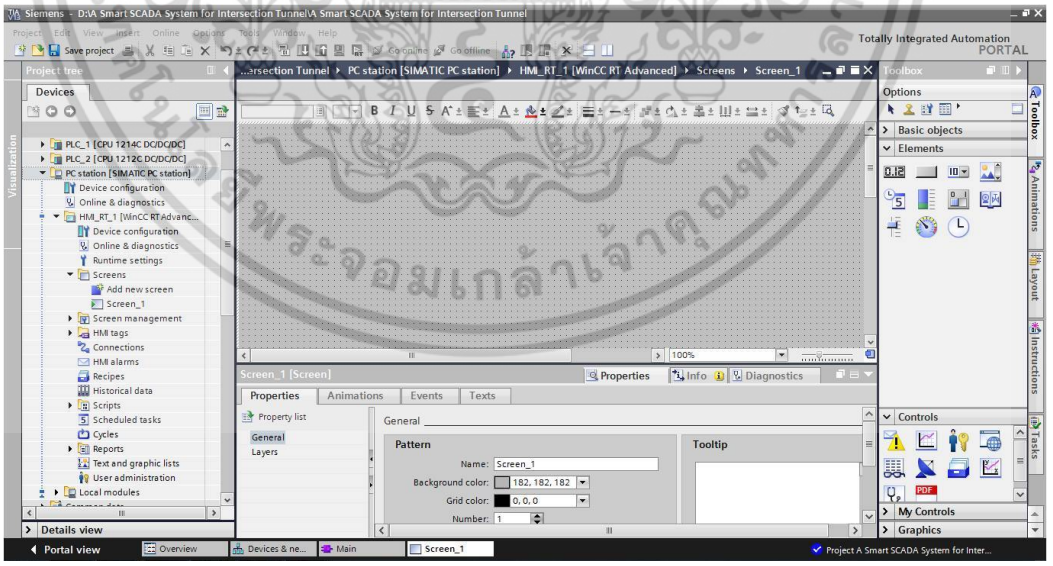
รูปที่ 3.54 การตั้งค่าแท็กเพื่อกำหนดแอสเดรสในการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Edit screens ฟังก์ชั่นการออกแบบหน้าจอแสดงผลระบบสกาด้าดังแสดงในรูปที่ 3.55 เริ่มต้นการออกแบบโดยใช้คำสั่ง Add new screen เพื่อเข้าสู่หน้าซอร์ฟแวร์การออกแบบหน้าจอแสดงผลดังรูปที่ 3.56 โดยหน้าซอร์ฟแวร์การออกแบบหน้าจอแสดงผลมีชุดคำสั่งพื้นฐาน เช่น การแสดงผลของตัวเลข การสร้างสวิตช์ควบคุมการทำงาน การเพิ่มรูปภาพ การแสดงผลกราฟ การออกแบบสถานะเตือนภัย เป็นต้น การกำหนดแท็กที่ตั้งค่าจากโปรแกรมแลดเดอร์เพื่อแสดงผลสถานะหรือค่าตัวเลขจากโปรแกรมแลดเดอร์ของอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีมาแสดงผลที่หน้าจอสกาด้า



รูปที่ 3.55 คำสั่งเริ่มต้นการออกแบบหน้าจอแสดงผลระบบสกาด้า

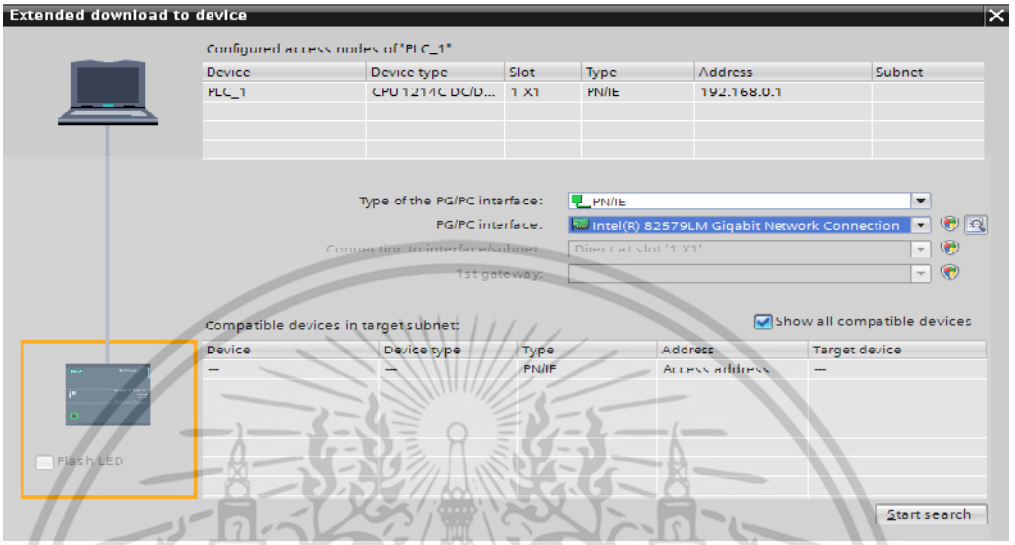


รูปที่ 3.56 หน้าซอร์ฟแวร์การออกแบบหน้าจอแสดงผลระบบสกาด้า

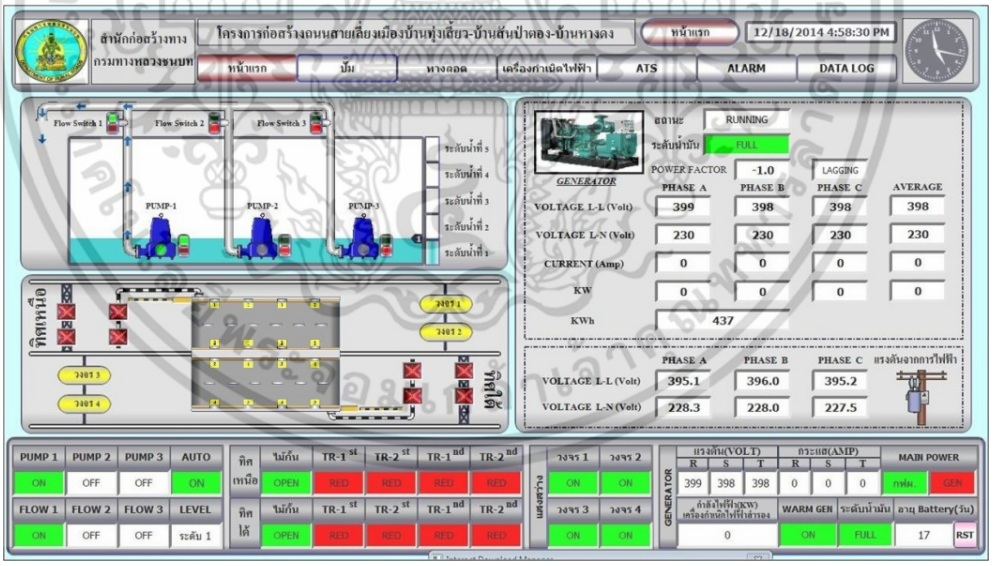
การออกแบบระบบสกาด้าประกอบด้วยการออกแบบโปรแกรมคำสั่งอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี และการออกแบบหน้าจอแสดงผลระบบสกาด้า จากนั้นทำการดาวน์โหลดโปรแกรมแลดเดอร์พีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ออกแบบไปยังอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีดังแสดงในรูปที่ 3.57 จากนั้นทำการดาวน์โหลดหน้าจอแสดงผลที่ออกแบบไปยังคอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้าเพื่อออนไลน์ระบบสกาด้าแสดงสถานะและควบคุมการทำงานจากอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 ที่หน้าจอแสดงผลระบบสกาด้าดังแสดงในรูปที่ 3.58



รูปที่ 3.57 การดาวน์โหลดโปรแกรมคำสั่งพีแอลซี



รูปที่ 3.58 การแสดงผลระบบสกาด้า

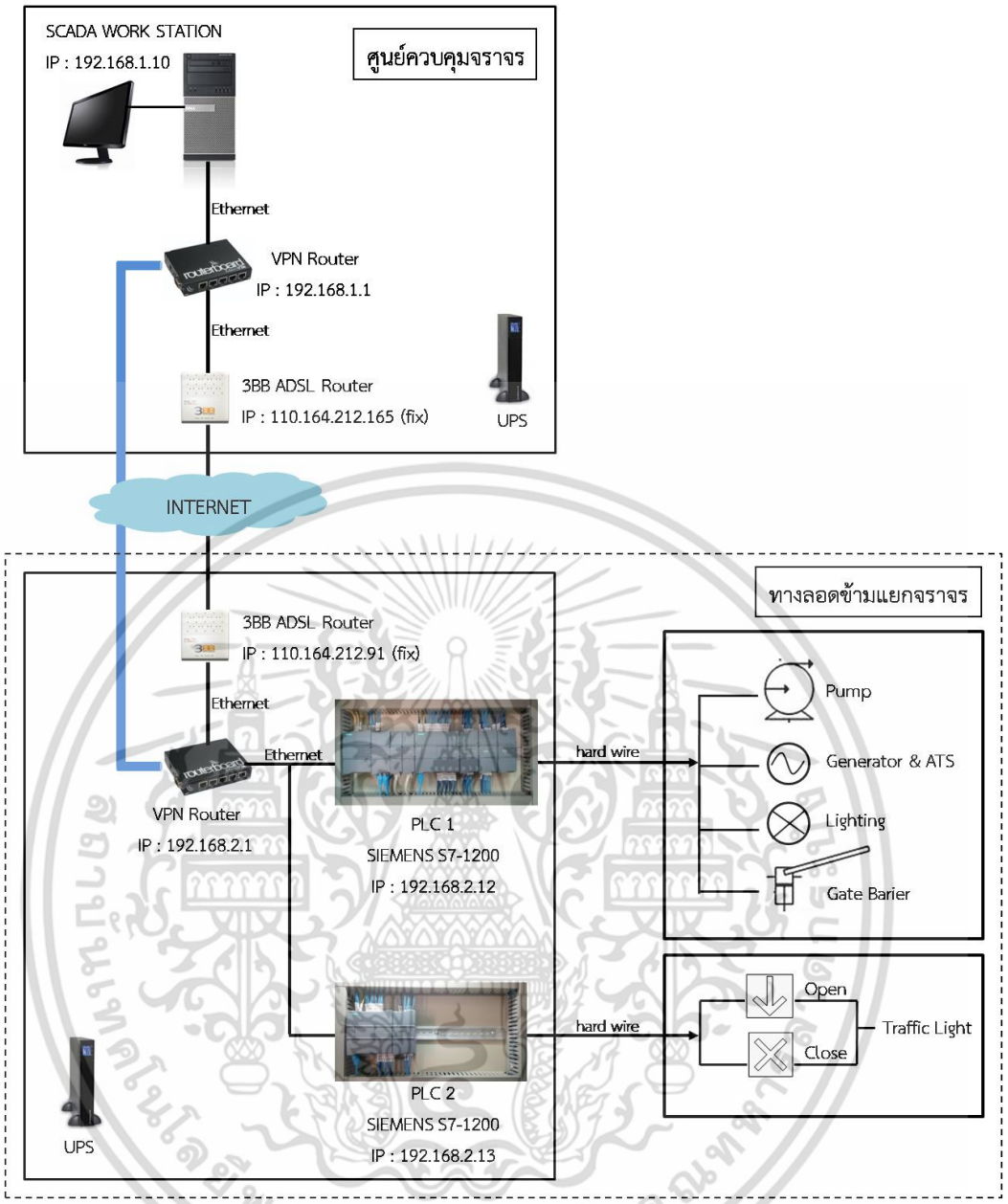
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ในส่วนของผลการทดลองของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แสดงผลสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจรกับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 ที่อุโมงค์ทางลอดมีการสื่อสารข้อมูลด้วยระบบเครือข่าย Ethernet โดยมีระบบเครือข่าย Internet เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย Ethernet ระหว่างอุปกรณ์ให้เป็นระบบเครือข่ายเดียวกัน เพื่อแสดงผลและควบคุมการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดทั้ง 5 ระบบ ที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยเนื้อหาทั้งหมดในบทที่ 4 จะแสดงให้เห็นดังนี้

1. แสดงผลระบบปั๊มสูบน้ำ
2. แสดงผลระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS (Automatic Transfer Switch)
3. แสดงผลระบบแสงสว่างใต้ทางลอด
4. แสดงผลระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร
5. แสดงผลระบบไฟสัญญาณจราจร
6. แสดงผลการเตือนภัย
7. แสดงผลการเก็บบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด

จากรูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดระหว่างคอมพิวเตอร์แสดงผลสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจรกับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 ที่ทางลอดข้ามแยกจราจร โดยมีระบบเครือข่าย Internet เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย Ethernet ระหว่างอุปกรณ์ให้เป็นระบบเครือข่ายเดียวกัน โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. การทดลองขั้นตอนแรกต้องทำความเข้าใจการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดประกอบด้วยการทำงาน 5 ระบบ ได้แก่ ระบบปั๊มสูบน้ำ ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS ระบบแสงสว่างใต้ทางลอด ระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร และระบบไฟสัญญาณจราจรตามที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการเลือกอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีและโมดูลต่างๆ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดตามที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3.2

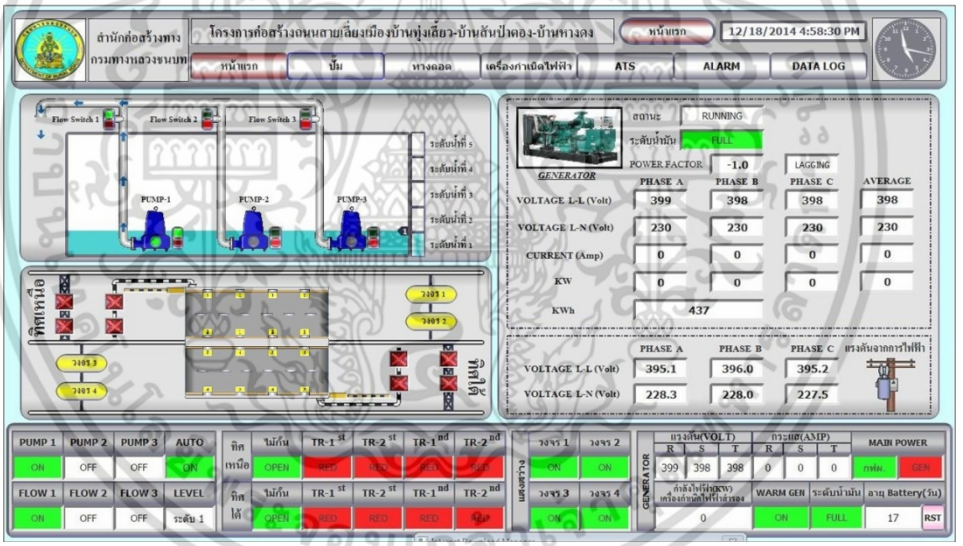
3. ทำการออกแบบวงจรไฟฟ้าอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 เพื่อควบคุม การทำงานระบบอุโมงค์ทางลอดตามที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3.3

4. ทำการออกแบบระบบการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แสดงผลสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจรกับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 และพีแอลซี 2 ที่ทางลอดข้ามแยกจราจร โดยมีระบบเครือข่าย Internet เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย Ethernet ระหว่างอุปกรณ์ให้เป็นระบบเครือข่ายเดียวกัน ตามที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3.4

5. ทำการเขียนโปรแกรมอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีเพื่อควบคุมการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดตามที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3.5

6. ทำการเขียนโปรแกรมแสดงผลระบบสกาด้าเพื่อควบคุมและแสดงสถานะของระบบอุโมงค์ทางลอดที่ศูนย์ควบคุมจราจรตามที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3.5

7. ทำการทดสอบการควบคุมและแสดงผลการทำงานของระบบสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจรกับระบบอุโมงค์ทางลอดทั้ง 5 ระบบ โดยการแสดงสถานะกราฟฟิกที่คอมพิวเตอร์แสดงผลสกาด้าดังแสดงในรูปที่ 4.2

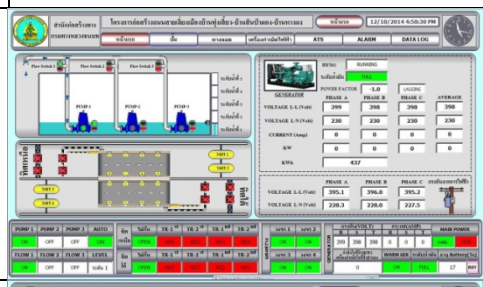
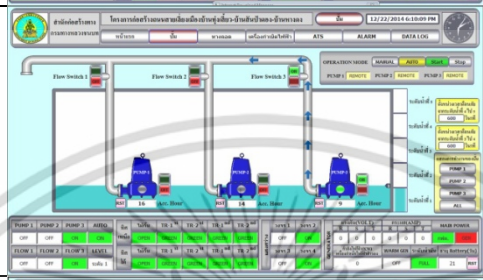
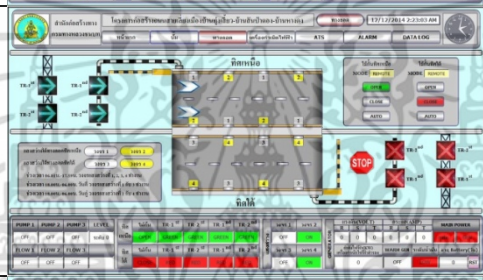
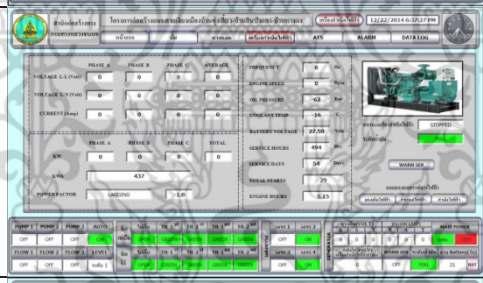
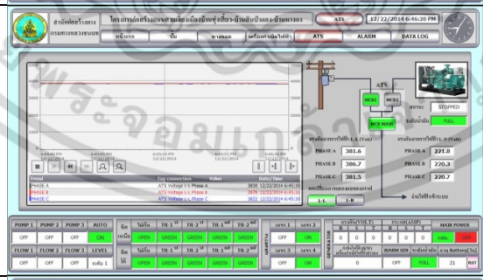
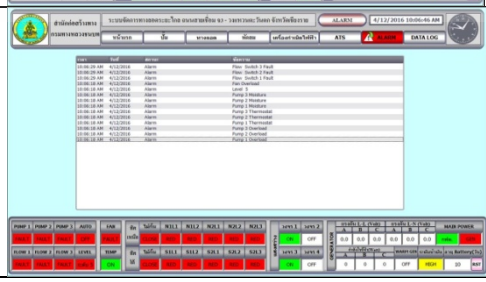


รูปที่ 4.2 แสดงผลกราฟฟิกการทำงานของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด

รูปที่ 4.2 แสดงผลกราฟฟิกหน้าแรกของระบบอุโมงค์ทางลอดทุกระบบ การแสดงสถานะการทำงานและแสดงค่าต่างๆประกอบด้วยระบบปั๊มสูบน้ำ ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบแสงสว่างใต้ทางลอด ระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร และระบบไฟสัญญาณจราจร โดยโครงสร้างการแสดงผลของหน้าจอระบบสกาด้ามีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.1

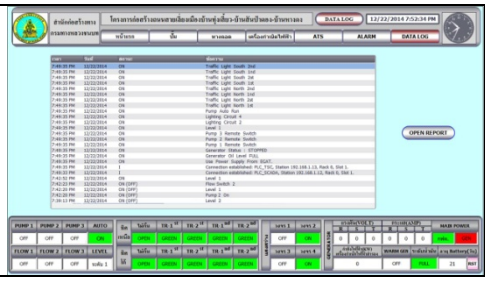
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 โครงสร้างการแสดงผลของหน้าจอระบบสกาด้า

หน้าจอระบบสกาด้า	แสดงผลกราฟฟิก	รายละเอียด
หน้าแรก		แสดงผลการทำงานทุกระบบ
ปั๊ม		ควบคุมและแสดงผล การทำงานของระบบปั๊มสูบน้ำ
ทางลอด		ควบคุมและแสดงผลการทำงาน ของระบบแสงสว่าง ระบบไม้ กระดกกั้นทางจราจรและระบบ ไฟสัญญาณจราจร
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า		แสดงผลการทำงาน ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
ATS		แสดงสถานะการทำงาน ของ ATS
ALARM		แสดงผลการเตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1(ต่อ)

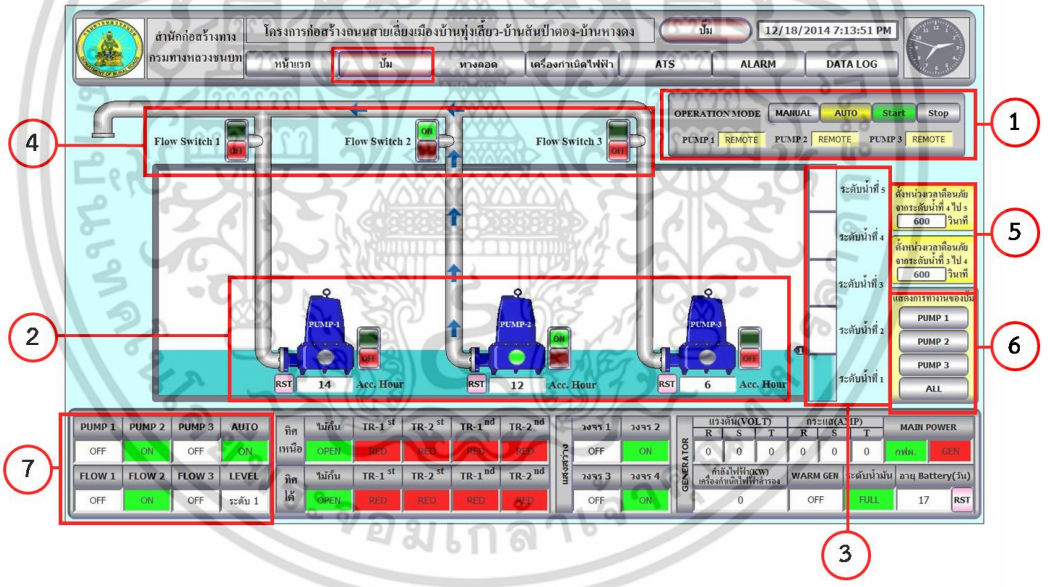
DATA LOG		แสดงผลการเก็บบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 แสดงผลระบบปั๊มสูบน้ำ

การแสดงผลระบบปั๊มสูบน้ำจำนวน 3 ตัว แสดงสถานะของระดับน้ำ แสดงสถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์ และแสดงสถานะผิดปกติของปั๊มสูบน้ำ ควบคุมการทำงานด้วย พีแอลซี 1 โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดคือ โหมดแมนนวลกับโหมดอัตโนมัติมีระบบการทำงานตามการออกแบบในบทที่ 3.1.1 นำมาแสดงผลและควบคุมการทำงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้าแสดงสถานะการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยมีรายละเอียดแสดงผลการทำงานของระบบปั๊มสูบน้ำดังนี้

1. โหมดการทำงานของปั๊มสูบน้ำ
2. แสดงสถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำ
3. แสดงสถานะของระดับน้ำ
4. แสดงสถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์
5. การตั้งหน่วงเวลาเตือนภัยระดับน้ำที่ 3 กับระดับน้ำที่ 4
6. แสดงผลการทำงานของปั๊มสูบน้ำในแต่ละวัน
7. ตารางแสดงสถานะของปั๊มสูบน้ำ

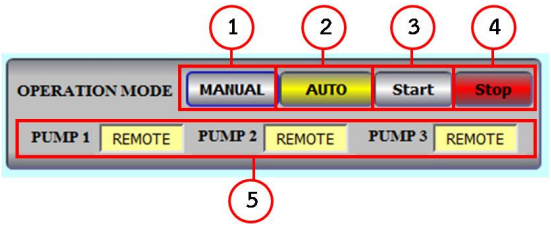


รูปที่ 4.3 แสดงผลระบบปั๊มสูบน้ำ

4.1.1 โหมดการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

โหมดการทำงานของปั๊มสูบน้ำ แบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมด คือโหมดแมนนวลกับโหมดอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 โหมดการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

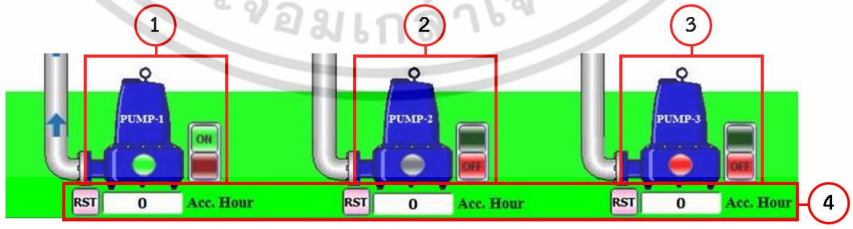
1. การทำงานโหมดแมนนวลของปั๊มสูบน้ำ
2. การทำงานโหมดอัตโนมัติของปั๊มสูบน้ำ
3. เริ่มการทำงานโหมดอัตโนมัติของปั๊มสูบน้ำ
4. หยุดการทำงานโหมดอัตโนมัติของปั๊มสูบน้ำ
5. แสดงสถานะซีเลคเตอร์สวิตช์หน้าตู้คอนโทรลมี 4 สถานะการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สถานะซีเลคเตอร์สวิตช์ของปั๊มสูบน้ำ

สถานะซีเลคเตอร์สวิตช์	สถานะการทำงาน
Off	ปิดการทำงานปั๊มสูบน้ำ
Manual	เปิดการทำงานโหมดแมนนวลที่ตู้คอนโทรลปั๊มสูบน้ำ
Auto	เปิดการทำงานโหมดอัตโนมัติที่ตู้คอนโทรลปั๊มสูบน้ำ
Remote	เปิดทำงานปั๊มสูบน้ำด้วยระบบสกาด้า

4.1.2 สถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

แสดงสถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำจำนวน 3 ตัว ได้แก่ สถานะทำงาน สถานะหยุดทำงาน สถานะผิดปกติ และชั่วโมงการทำงานของปั๊มสูบน้ำดังแสดงในรูปที่ 4.5 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.5 แสดงสถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

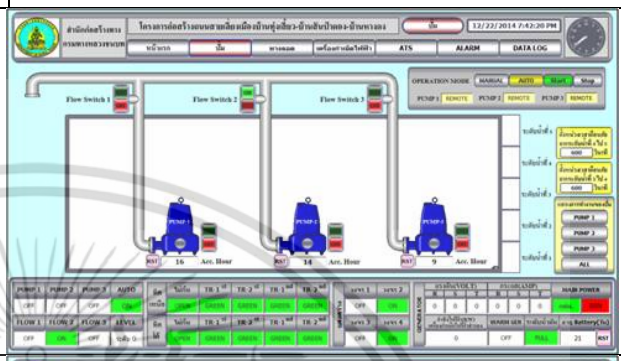
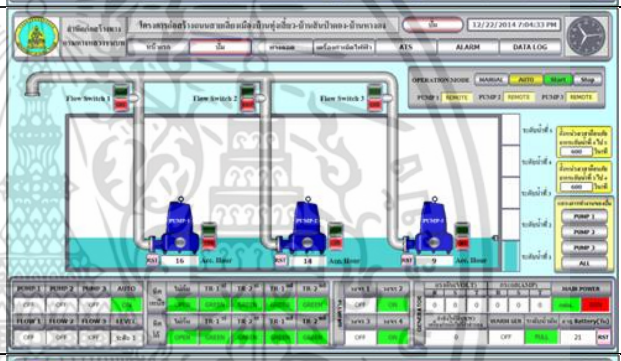
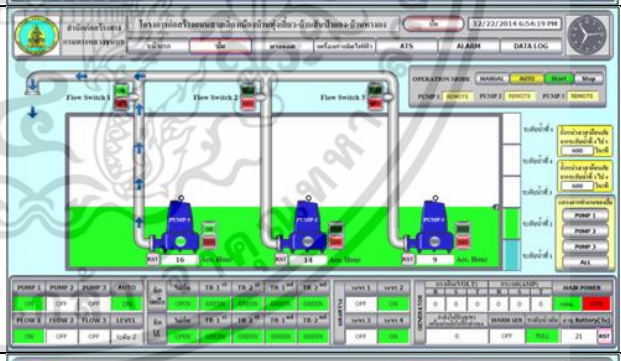
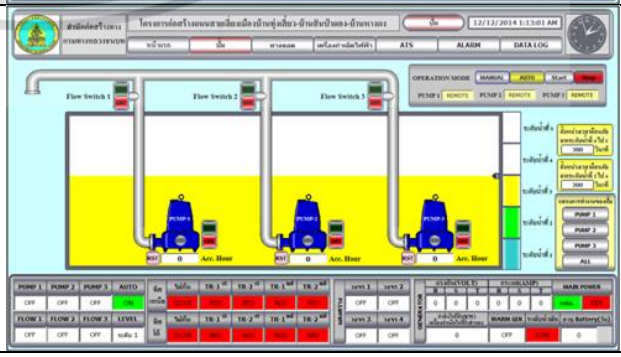
1. ปั๊มแสดงสถานะทำงาน สถานะเป็นสีเขียวและขึ้นสถานะ ON
2. ปั๊มสูบน้ำแสดงถานะหยุดทำงาน สถานะเป็นสีเทาและขึ้นสถานะ OFF
3. ปั๊มสูบน้ำแสดงสถานะผิดปกติ สถานะเป็นสีแดงและขึ้นสถานะ OFF
4. แสดงชั่วโมงการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 สถานะของระดับน้ำ

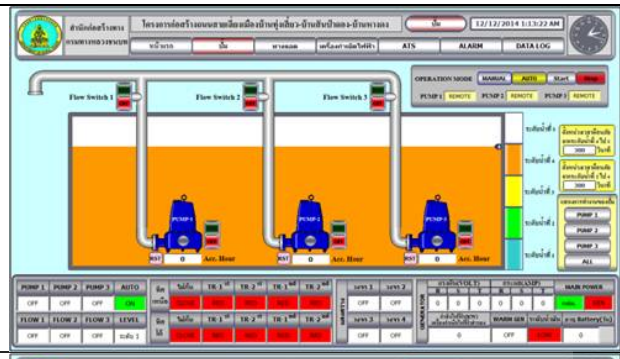
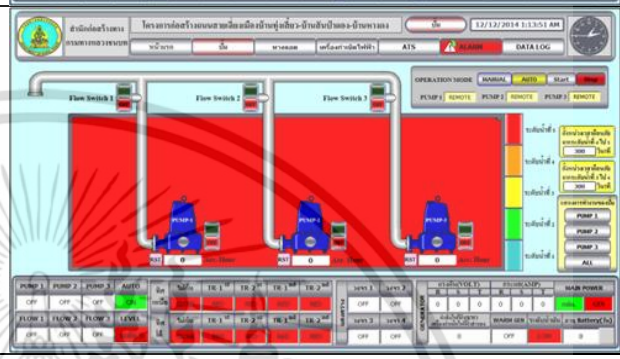
แสดงสถานะของระดับน้ำตามการทำงานของสวิตช์ลูกลอยวัดระดับน้ำ 5 ระดับจากการออกแบบในบทที 3.1.1 โดยระบบสกาด้าแสดงผลของระดับน้ำ 6 ระดับ แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลกราฟฟิกของระดับน้ำ

ระดับน้ำ	การแสดงผล
ระดับน้ำที่ 0 ระดับความสูงตั้งแต่ 0 – 1.5 เมตร	
ระดับน้ำที่ 1 ระดับความสูงตั้งแต่ 1.6 – 2.0 เมตร	
ระดับน้ำที่ 2 ระดับความสูงตั้งแต่ 2.1 – 2.5 เมตร	
ระดับน้ำที่ 3 ระดับความสูงตั้งแต่ 2.6 – 3.0 เมตร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

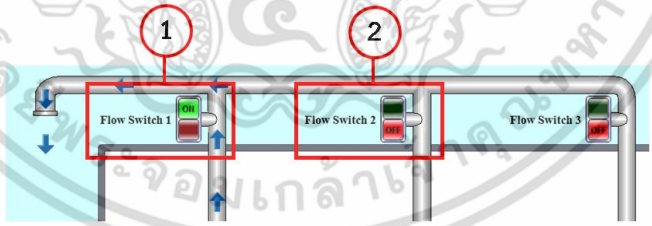
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ระดับน้ำที่ 4 ระดับความสูงตั้งแต่ 3.1 – 3.3 เมตร	
ระดับน้ำที่ 5 ระดับความสูงตั้งแต่ 3.4 เมตร ขึ้นไป	

4.1.4 สถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์

แสดงสถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบปั๊มสูบน้ำจำนวน 3 ตัว แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.6 มีรายละเอียดการทำงานดังนี้

1. สถานะของโฟลว์สวิตช์ กำลังทำงาน สถานะของกราฟฟิก ON สีเขียว
2. สถานะของโฟลว์สวิตช์ หยุดทำงาน สถานะของกราฟฟิก OFF สีแดง



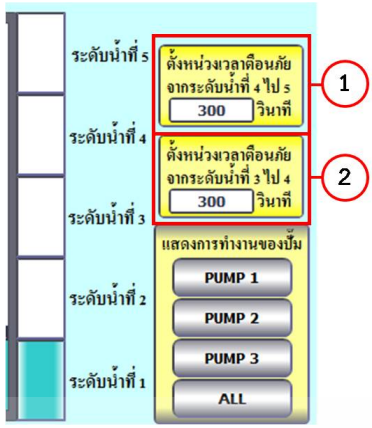
รูปที่ 4.6 แสดงสถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์

4.1.5 การตั้งหน่วงเวลาเตือนภัยระดับน้ำ

การตั้งหน่วงเวลาเตือนภัยระดับน้ำที่ 3 กับระดับน้ำที่ 4 เพื่อป้องกันการแปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่เร็วกว่าเวลาที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 4.7 มีรายละเอียดการทำงานดังนี้

1. ตั้งหน่วงเวลาเตือนภัยการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจากระดับน้ำที่ 3 ไประดับน้ำที่ 4 เร็วกว่าเวลาที่ตั้งไว้ ระบบทำการแจ้งเตือนภัยที่หน้าจอแสดงผลระบบสกาด้า
2. ตั้งหน่วงเวลาเตือนภัยการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจากระดับน้ำที่ 4 ไประดับน้ำที่ 5 เร็วกว่าเวลาที่ตั้งไว้ ระบบทำการแจ้งเตือนภัยที่หน้าจอแสดงผลระบบสกาด้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

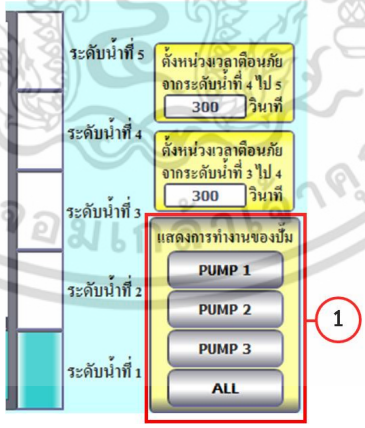


รูปที่ 4.7 การตั้งหน่วงเวลาเตือนภัยระดับน้ำที่ 3 กับระดับน้ำที่ 4

4.1.6 การทำงานของปั๊มสูบน้ำในแต่ละวัน

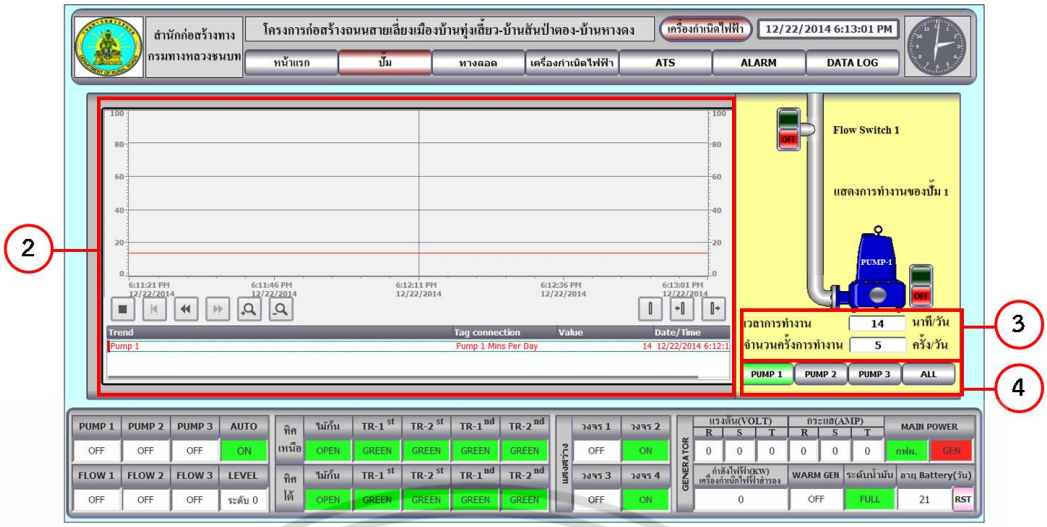
แสดงการทำงานของปั๊มสูบน้ำในแต่ละวัน จากรูปที่ 4.8 แสดงคำสั่งเข้าสู่หน้าแสดงการทำงานของปั๊มสูบน้ำ เพื่อตรวจสอบจำนวนครั้งและเวลาการทำงานในแต่ละวัน โดยรีเซ็ตเวลาในการตรวจสอบ 8.00 น. ของทุกวัน ดังแสดงในรูปที่ 4.9 มีรายละเอียดดังนี้

1. คำสั่งเข้าสู่หน้าแสดงการทำงานของปั๊มสูบน้ำ
2. กราฟแสดงผลระหว่างจำนวนการทำงานของปั๊มสูบน้ำกับเวลาและวันที่
3. แสดงเวลาการทำงานของปั๊มสูบน้ำใน 1 วัน แสดงหน่วยเป็นจำนวนครั้ง และเวลาการทำงานของปั๊มสูบน้ำใน 1 วัน แสดงหน่วยเป็นนาที
4. คำสั่งเลือกแสดงผลการทำงานของปั๊มสูบน้ำอื่นๆ



รูปที่ 4.8 คำสั่งแสดงการทำงานของปั๊มสูบน้ำในแต่ละวัน

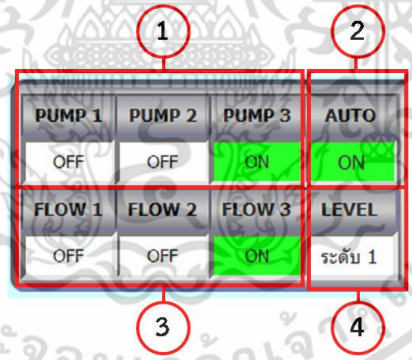
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำในแต่ละวัน

4.1.7 ตารางแสดงสถานะของระบบปั๊มสูบน้ำ

ตารางแสดงสถานะของระบบปั๊มสูบน้ำ ประกอบด้วยสถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำ สถานะการทำงานโหมดอัตโนมัติ สถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์ และสถานะของระดับน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.10 มีรายละเอียดการทำงานในตารางที่ 4.4 ถึงตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.10 ตารางแสดงสถานะของระบบปั๊มสูบน้ำ

1. แสดงสถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำมี 3 สถานะ แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.4 สถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก	การทำงานของปั๊มสูบน้ำ
OFF	สีขาว	หยุดทำงาน
ON	สีเขียว	ทำงาน
FAULT	สีแดงและกระพริบ	ผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แสดงสถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำโหมดอัตโนมัติมี 2 สถานะ แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.5 สถานะการทำงานของปั๊มสูบน้ำโหมดอัตโนมัติ

สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก	การทำงานโหมดอัตโนมัติ
OFF	สีแดงและกระพริบ	ปิดการทำงาน
ON	สีเขียว	เปิดการทำงาน

3. แสดงสถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์มี 2 สถานะ แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.6 สถานะการทำงานของโฟลว์สวิตช์

สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก	การทำงานของโฟลว์สวิตช์
OFF	สีขาว	หยุดทำงาน
ON	สีเขียว	ทำงาน

4. แสดงสถานะของระดับน้ำมี 6 สถานะ แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.7 สถานะของระดับน้ำ

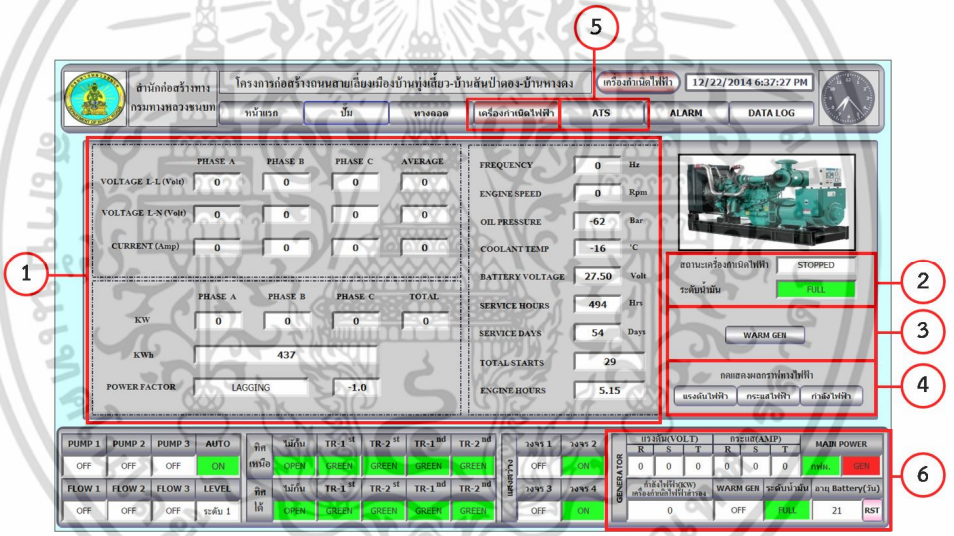
สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก
ระดับ 0	สีขาว
ระดับ 1	สีขาว
ระดับ 2	สีขาว
ระดับ 3	สีขาว
ระดับ 4	สีขาว
ระดับ 5	สีขาว
ระดับ 6	สีแดงและกระพริบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 แสดงผลระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS

การแสดงผลทำงานของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS การแสดงผลค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS มีการสื่อสารข้อมูลผ่านโปรโตคอลมอดบัส RS-485 กับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 โดยใช้โมดูลการสื่อสาร CM 1241 ตามการออกแบบในบทที่ 3.2 เพื่อนำมาแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้าดังแสดงในรูปที่ 4.11 โดยมีรายละเอียดการแสดงผลของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS ดังนี้

1. แสดงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. แสดงสถานะการทำงานและระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
3. แสดงสถานะการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
4. แสดงผลกราฟทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
5. แสดงสถานะการทำงานและค่าพารามิเตอร์ของ ATS
6. ตารางแสดงสถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS



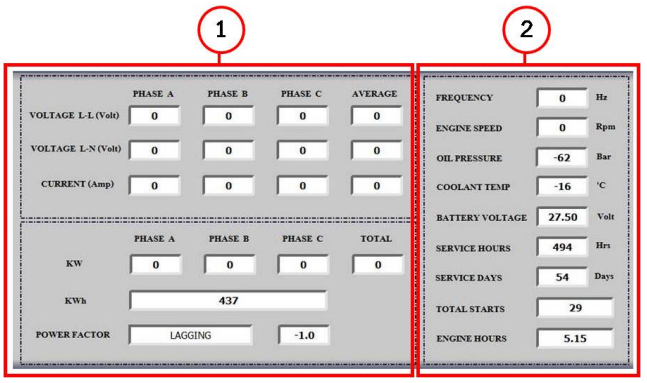
รูปที่ 4.11 แสดงผลระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS

4.2.1 ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

แสดงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบ่งการแสดงผลออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าและค่าพารามิเตอร์ทางเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.12 รายละเอียดการแสดงผลมีดังนี้

1. แสดงค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า, ค่ากระแสไฟฟ้า, ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
2. แสดงค่าพารามิเตอร์ทางเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้แก่ ความถี่, ความเร็วรอบ ,แรงดันน้ำมัน, อุณหภูมิ, แรงดันแบตเตอรี่, จำนวนชั่วโมงและจำนวนวันตรวจเช็ค, จำนวนครั้งการทำงานและชั่วโมงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.2.2 สถานะการทำงานและระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

แสดงสถานะการทำงานและระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงในรูปที่ 4.13 รายละเอียดการแสดงผลมีดังนี้

รูปที่ 4.13 แสดงสถานะการทำงานและระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. แสดงสถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามี 2 สถานะ แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก	สถานะการทำงาน
STOPPED	สีขาว	หยุดทำงาน
RUNNING	สีเขียวและกระพริบ	กำลังทำงาน

2. แสดงสถานะของระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามี 2 สถานะ แสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 สถานะระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

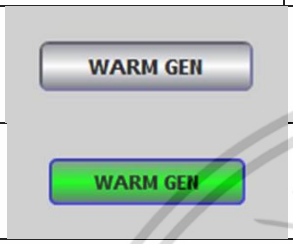
สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก	สถานะของระดับน้ำมัน
FULL	สีเขียว	ระดับน้ำมันสูง
LOW	สีแดงและกระพริบ	ระดับน้ำมันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 สถานะการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

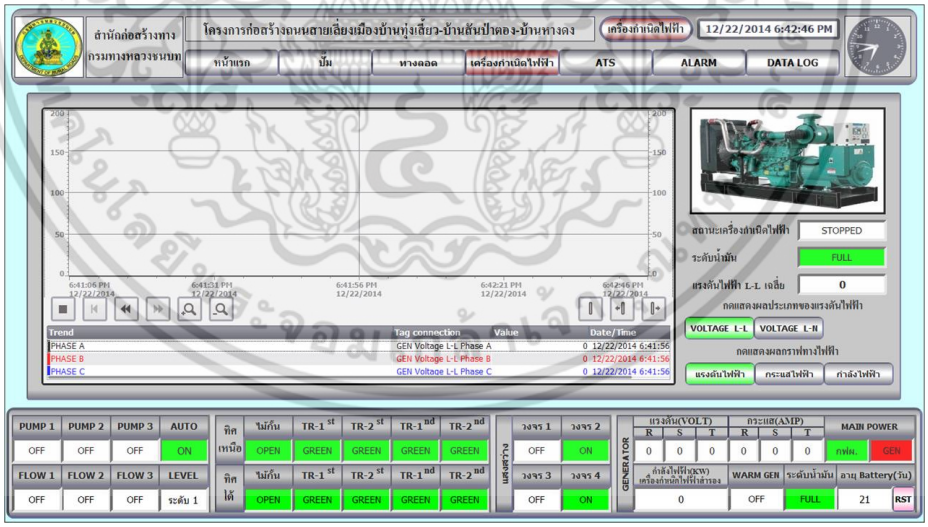
แสดงสถานะการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทุกวันศุกร์ช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 13.15 น. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานอัตโนมัติเพื่อทำการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเวลา 15 นาที เป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รายละเอียดการแสดงผลแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงผลกราฟฟิกการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สถานะกราฟฟิก	รายละเอียด
	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังไม่ทำการอุ่นเครื่องยนต์
	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการอุ่นเครื่องยนต์อัตโนมัติ ทุกวันศุกร์ช่วงเวลา 13.00 น. ถึง 13.15 น.

4.2.4 แสดงผลกราฟทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

แสดงผลกราฟทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การแสดงผลของกราฟแสดงผลระหว่างเวลาและค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงผลกราฟทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 สถานะการทำงานและค่าพารามิเตอร์ของ ATS

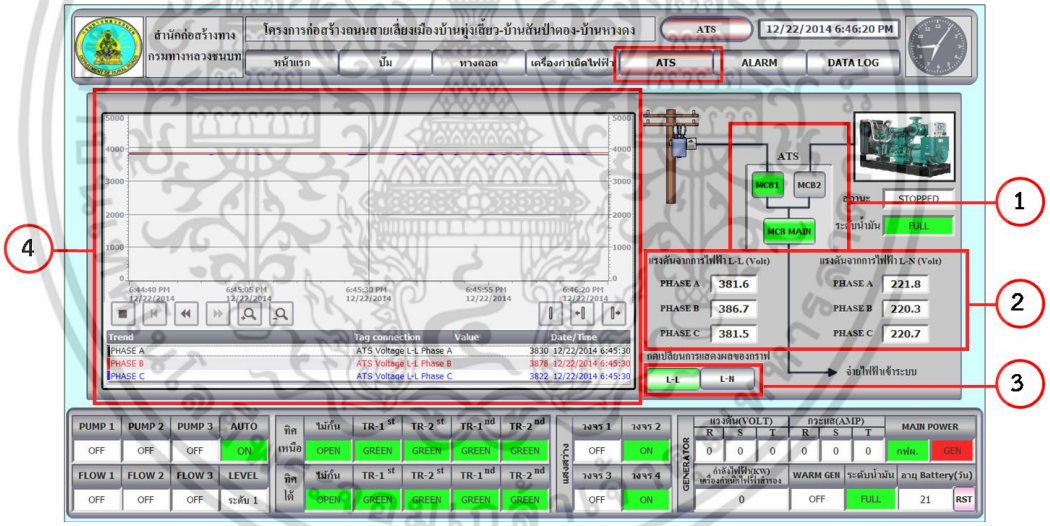
แสดงสถานะการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าระหว่างการไฟฟ้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้าและแสดงผลกราฟระหว่างเวลาและแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.15 มีรายละเอียดการแสดงผลดังนี้

1. แสดงสถานะการทำงานของ ATS แสดงผลการทำงานทำหน้าที่เป็นสวิตช์สลับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากรณีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าขัดข้อง รายละเอียดการแสดงผลมีดังนี้

สถานะปกติใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า MCB1 มีสถานะกราฟฟิกสีเขียว และ MCB2 มีสถานะกราฟฟิกสีเทา

สถานะแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าขัดข้อง ATS ทำหน้าที่สลับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า MCB1 มีสถานะกราฟฟิกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเทา และ MCB2 มีสถานะกราฟฟิกเปลี่ยนจากสีเทาเป็นสีเขียว

2. แสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้า
3. เลือกแสดงผลกราฟแรงดันไฟฟ้าของ ATS
4. กราฟแสดงผลระหว่างเวลาและแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

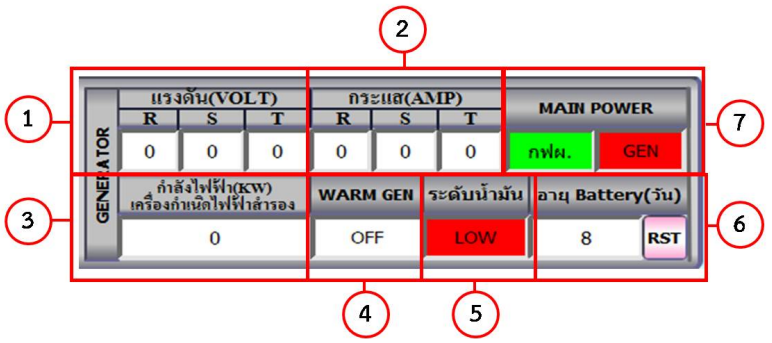


รูปที่ 4.15 แสดงสถานะการทำงานและค่าพารามิเตอร์ของ ATS

4.2.6 ตารางแสดงสถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS

ตารางแสดงสถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS ประกอบด้วยการแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า สถานะการอุ่นเครื่องยนต์ สถานะของระดับน้ำมัน สถานะอายุการใช้งานแบตเตอรี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและสถานะของแหล่งจ่ายไฟฟ้าระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.16 รายละเอียดการแสดงผลมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ตารางแสดงสถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและ ATS

1. แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์
2. แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมป์
3. แสดงค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีหน่วยเป็นกิโลวัตต์
4. แสดงสถานะการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 สถานะการอุ่นเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก	สถานะการอุ่นเครื่องยนต์
OFF	สีขาว	หยุดทำงาน
ON	สีเขียวและกระพริบ	ทำงาน

5. แสดงสถานะของระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามี 2 สถานะ แสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 สถานะระดับน้ำมันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก	สถานะของระดับน้ำมัน
FULL	สีเขียว	ระดับน้ำมันสูง
LOW	สีแดงและกระพริบ	ระดับน้ำมันต่ำ

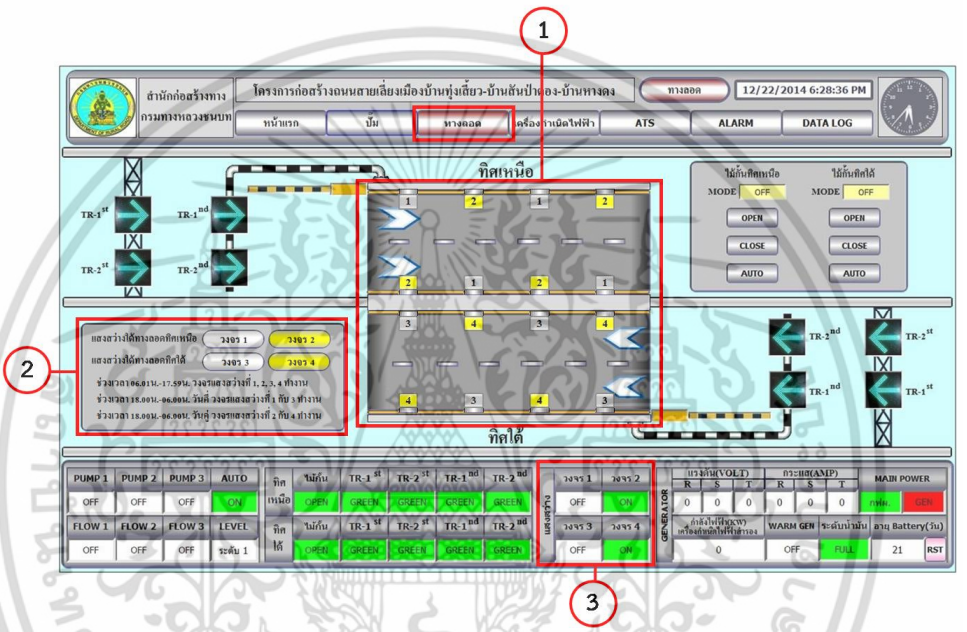
6. แสดงสถานะอายุการใช้งานแบตเตอรี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยเป็นวัน แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานครบ 350 วัน สถานะแจ้งเตือนกระพริบสีแดง
7. แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟฟ้าระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แสดงผลระบบแสงสว่างใต้ทางลอด

ระบบแสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอดแบ่งการทำงานของโคมแสงสว่างออกเป็น 4 วงจรแสดงให้เห็นในรูปที่ 3 ควบคุมการทำงานด้วยอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 4.17 ทำงานอัตโนมัติตามช่วงเวลาที่ออกแบบไว้ในบทที่ 3.1.3 รายละเอียดการแสดงผลมีดังนี้

1. แสดงตำแหน่งของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร
2. แสดงช่วงเวลาการทำงานของวงจรแสงสว่าง
3. ตารางแสดงผลการทำงานของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร



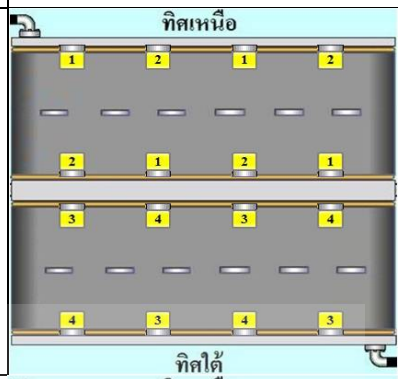
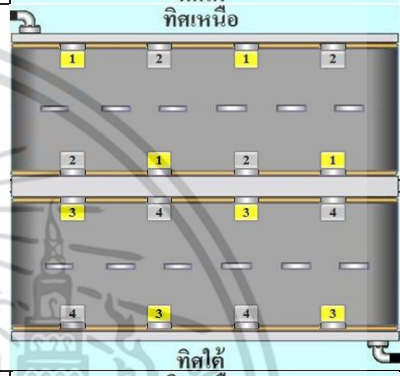
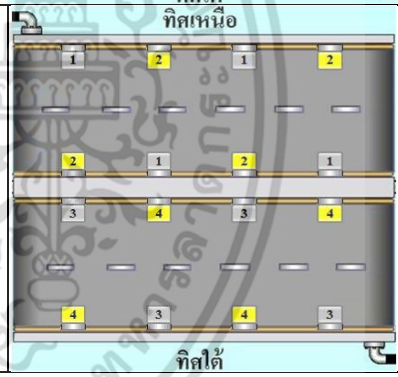
รูปที่ 4.17 แสดงผลระบบแสงสว่างใต้ทางลอด

4.3.1 ตำแหน่งของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร

การแสดงตำแหน่งของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร มีการทำงานของระบบแสงสว่างใต้ทางลอดตามช่วงเวลาอัตโนมัติตามคำสั่งจากอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี 1 ที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3.1.3 รายละเอียดการแสดงผลดังตารางที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ตำแหน่งการทำงานของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร

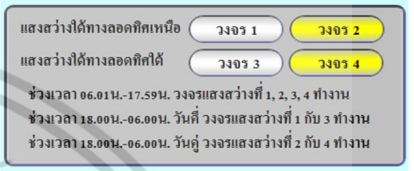
ช่วงเวลาการทำงาน	วงจรการทำงาน	สถานะกราฟฟิก
ช่วงเวลาตั้งแต่ 6.01 น. ถึง 17.59 น.	1, 2, 3, 4	
ช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น.ถึง 6.00 น. วันคี่	1, 3	
ช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น.ถึง 6.00 น. วันคู่	2, 4	

4.3.2 ช่วงเวลาการทำงานของวงจรแสงสว่าง

แสดงช่วงเวลาการทำงานของวงจรแสงสว่าง การแสดงช่วงเวลาการทำงานของระบบแสงสว่างอัตโนมัติ ที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3.1.3 รายละเอียดการแสดงผลดังตารางที่ 4.14

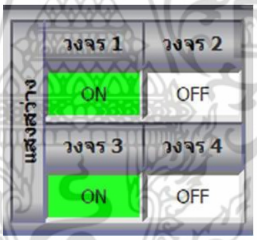
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ช่วงเวลาการทำงานของวงจรแสงสว่าง

ช่วงเวลา	วงจรการทำงาน	สถานะกราฟฟิก
ช่วงเวลาตั้งแต่ 6.01 น. ถึง 17.59 น.	1, 2, 3, 4	
ช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น.ถึง 6.00 น. วันคี่	1, 3	
ช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น.ถึง 6.00 น. วันคู่	2, 4	

4.3.3 ตารางแสดงผลการทำงานของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร

ตารางแสดงผลการทำงานของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร ดังแสดงในรูปที่ 4.18 มีรายละเอียดการแสดงผลดังตารางที่ 4.15



รูปที่ 4.18 ตารางแสดงสถานะการทำงานของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทำงานของวงจรแสงสว่างทั้ง 4 วงจร

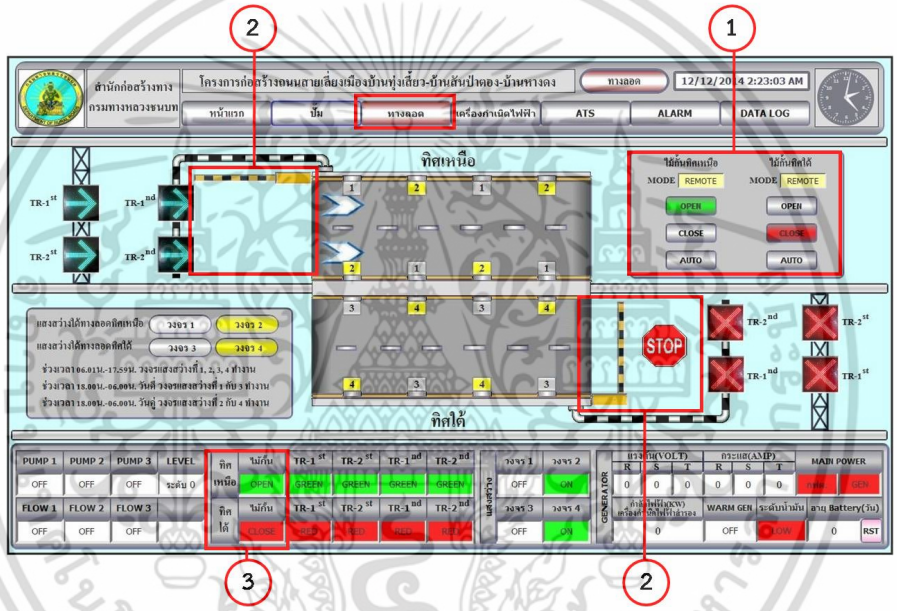
สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก	การทำงานของวงจร
OFF	สีขาว	ไม่ทำงาน
ON	สีเขียว	ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 แสดงผลระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร

แสดงการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจรทิศเหนือและทิศใต้ ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซี 1 โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดคือ โหมดแมนนวลกับโหมดอัตโนมัติมีระบบการทำงานตามการออกแบบในบทที่ 3.3.4 นำมาแสดงผลและควบคุมการทำงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ แสดงผลระบบสกาด้าแสดงสถานะการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.19 โดยมีรายละเอียดแสดงผลการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร ดังนี้

1. โหมดการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร
2. แสดงสถานะการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร
3. ตารางแสดงผลการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร



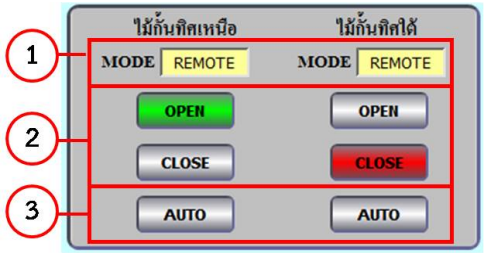
รูปที่ 4.19 แสดงผลระบบไม้กระดกกั้นทางจราจร

4.4.1 โหมดการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร

โหมดการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร แบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมด คือโหมดแมนนวลกับโหมดอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 4.20 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แสดงสถานะซีเลคเตอร์สวิตช์หน้าตู้คอนโทรลมี 4 สถานะการทำงานแสดงในตารางที่ 4.16
2. การทำงานโหมดแมนนวลของไม้กระดกกั้นทางจราจร
3. การทำงานโหมดอัตโนมัติของไม้กระดกกั้นทางจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 โหมดการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร

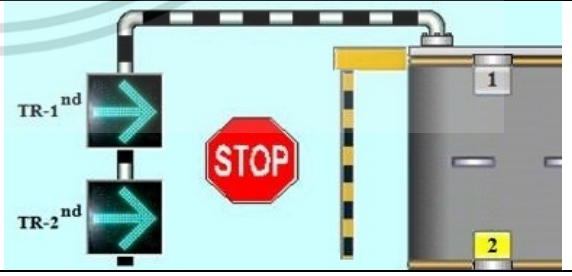
ตารางที่ 4.16 สถานะการทำงานของของไม้กระดกกั้นทางจราจร

สถานะซีเลคเตอร์สวิตช์	สถานะการทำงาน
Off	ปิดการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร
Manual	เปิดการทำงานโหมดแมนนวลที่ตู้คอนโทรล
Auto	เปิดการทำงานโหมดอัตโนมัติที่ตู้คอนโทรล
Remote	เปิดทำงานไม้กระดกกั้นทางจราจรด้วยระบบสกาด้า

4.4.2 สถานะการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร

แสดงสถานะการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร การแสดงผลกราฟฟิกการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร รายละเอียดการแสดงผลดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงผลกราฟฟิกการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร

สถานะการทำงาน	สถานะกราฟฟิก
เปิดช่องทางจราจร	
ปิดช่องทางจราจร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ตารางแสดงผลการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร

ตารางแสดงผลการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร ดังแสดงในรูปที่ 4.21 รายละเอียดการแสดงผลดังตารางที่ 4.18

รูปที่ 4.21 ตารางแสดงสถานะการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร

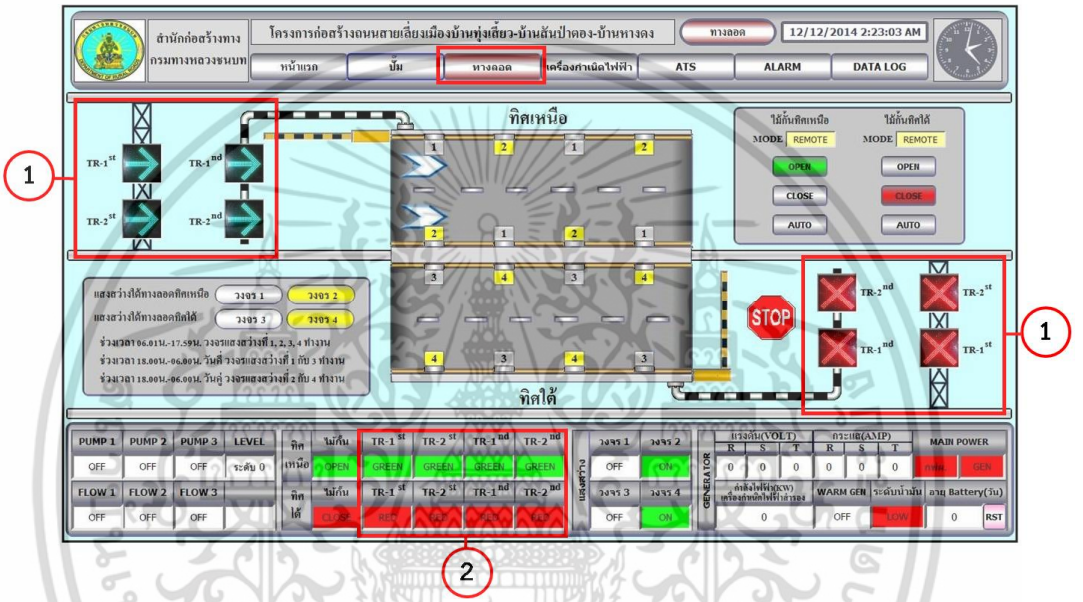
สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก	การทำงาน
OPEN	สีเขียว	เปิดช่องทางจราจร
CLOSE	สีแดง	ปิดช่องทางจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 แสดงผลระบบไฟสัญญาณจราจร

แสดงการทำงานของไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือและทิศใต้ ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซี 2 โดยระบบทำงานตามการออกแบบในบทที่ 3.1.5 นำมาแสดงผลและควบคุมการทำงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้าแสดงสถานะการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.22 โดยมีรายละเอียดแสดงผลการทำงานของไฟสัญญาณจราจรดังนี้

1. แสดงสถานะการทำงานของไฟสัญญาณจราจร
2. ตารางแสดงผลการทำงานของไฟสัญญาณจราจร



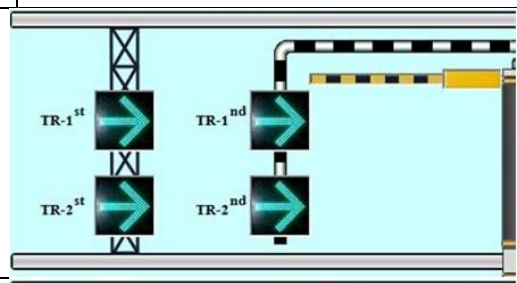
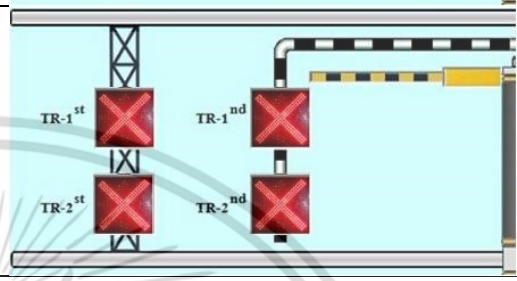
รูปที่ 4.22 แสดงผลระบบไฟสัญญาณจราจร

4.5.1 สถานะการทำงานของไฟสัญญาณจราจร

แสดงสถานะการทำงานของไฟสัญญาณจราจร การแสดงผลกราฟฟิกการทำงานของไฟสัญญาณจราจร รายละเอียดการแสดงผลดังตารางที่ 4.19

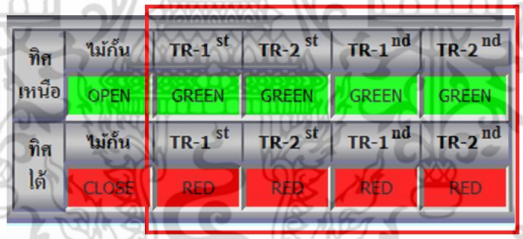
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงผลกราฟฟิกการทำงานของไฟสัญญาณจราจร

สถานะการทำงาน	สถานะกราฟฟิก
เปิดช่องทางจราจร	
ปิดช่องทางจราจร	

4.5.2 ตารางแสดงผลการทำงานของไฟสัญญาณจราจร

ตารางแสดงผลการทำงานของไฟสัญญาณจราจร ดังแสดงในรูปที่ 4.23 รายละเอียดการแสดงผลดังตารางที่ 4.20



ทิศเหนือ	ไม่ก้น	TR-1st	TR-2st	TR-1nd	TR-2nd
	OPEN	GREEN	GREEN	GREEN	GREEN
ทิศใต้	ไม่ก้น	TR-1st	TR-2st	TR-1nd	TR-2nd
	CLOSE	RED	RED	RED	RED

รูปที่ 4.23 ตารางแสดงสถานะการทำงานของไฟสัญญาณจราจร

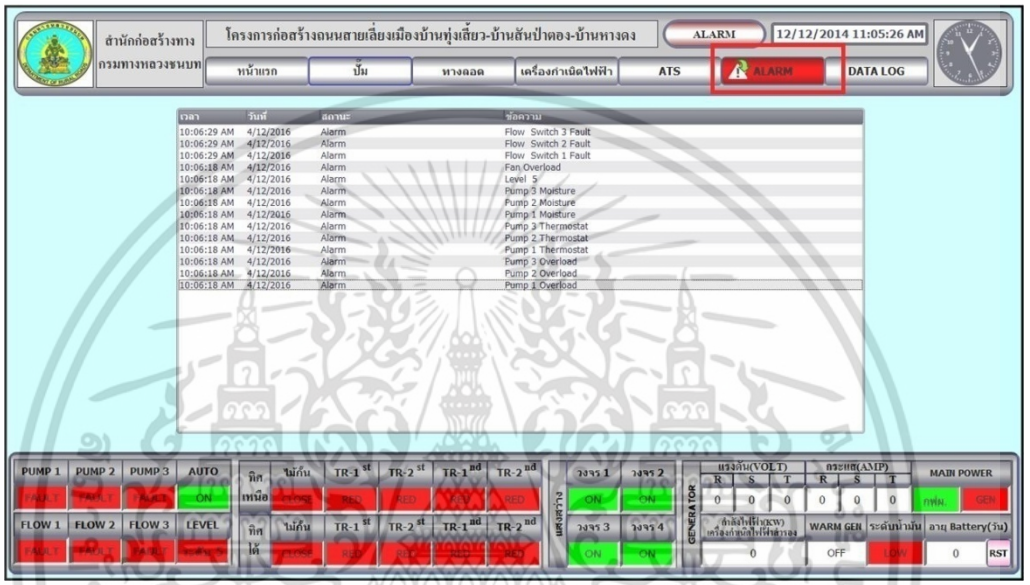
ตารางที่ 4.20 แสดงผลการทำงานของไฟสัญญาณจราจร

สถานะข้อความ	สถานะกราฟฟิก	การทำงาน
GREEN	สีเขียว	เปิดช่องทางจราจร
RED	สีแดง	ปิดช่องทางจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 แสดงผลการเตือนภัย

การแสดงผลการเตือนภัยของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดดังแสดงในรูปที่ 4.24 แสดงผลการแจ้งเตือนภัยของระบบปั๊มสูบน้ำ ได้แก่ การเกิดโอเวอร์โหลดกระแสเกิน อุณหภูมิสูง ความชื้น โฟลว์สวิตช์ไม่ทำงานและการแจ้งเตือนระดับน้ำ เพื่อป้องกันการเกิดน้ำท่วมของอุโมงค์ทางลอด นอกจากนี้ยังมีการแจ้งเตือนระบบไฟฟ้าขัดข้องและอายุการใช้งานแบตเตอรี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกินช่วงเวลา 350 วัน โดยมีรายละเอียดการแสดงผลการเตือนภัยในตารางที่ 4.21



รูปที่ 4.24 แสดงสัญญาณเตือนภัยต่างๆ

ตารางที่ 4.21 แสดงข้อความแจ้งเตือนภัย

ข้อความแจ้งเตือนภัย	รายละเอียด
Pump 1 Overload	ปั๊มสูบน้ำ 1 กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด
Pump 2 Overload	ปั๊มสูบน้ำ 2 กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด
Pump 3 Overload	ปั๊มสูบน้ำ 3 กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด
Pump 1 Thermostat	ปั๊มสูบน้ำ 1 ,อุณหภูมิสูง
Pump 2 Thermostat	ปั๊มสูบน้ำ 2 อุณหภูมิสูง
Pump 3 Thermostat	ปั๊มสูบน้ำ 3 อุณหภูมิสูง
Pump 1 Moisture	ปั๊มสูบน้ำ 1 มีความชื้น
Pump 2 Moisture	ปั๊มสูบน้ำ 2 มีความชื้น
Pump 3 Moisture	ปั๊มสูบน้ำ 3 มีความชื้น
Flow Switch 1 Fault	โฟลว์สวิตช์ 1 ไม่ทำงาน
Flow Switch 2 Fault	โฟลว์สวิตช์ 2 ไม่ทำงาน
Flow Switch 3 Fault	โฟลว์สวิตช์ 3 ไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

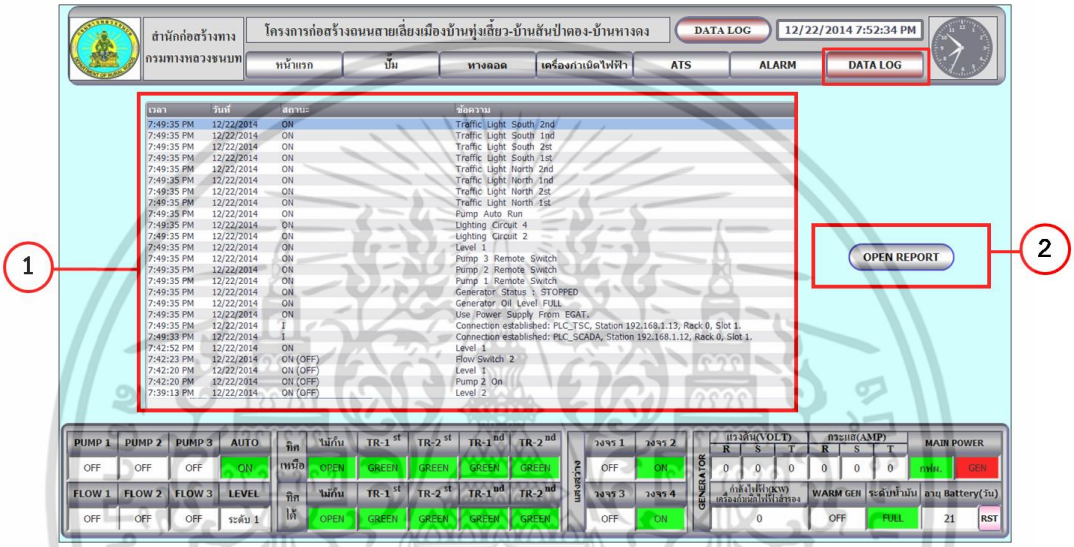
Level 5	ระดับน้ำที่ 5
Power Failure	ระบบไฟฟ้าขัดข้อง
Delay Time Level 3 to Level 4	เวลาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ 3 ไป 4 เร็วกว่าเวลาที่ตั้งไว้
Delay Time Level 4 to Level 5	เวลาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ 4 ไป 5 เร็วกว่าเวลาที่ตั้งไว้
Battery over 350 days	อายุการใช้งานแบตเตอรี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เกิน 350 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 แสดงผลการเก็บบันทึกข้อมูล

แสดงผลการบันทึกข้อมูลการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดดังแสดงในรูปที่ 4.25 โดยมีการบันทึกวันที่และเวลาการทำงานของทุกระบบ การจัดเก็บข้อมูลของแต่ละระบบจัดเก็บเป็นไฟล์เอ็กเซล โดยมีการจัดเก็บข้อมูลในแต่ละเดือน มีรายละเอียดการบันทึกข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.22

1. ตารางแสดงผลการเก็บบันทึกข้อมูล
2. เรียกดูไฟล์ข้อมูล



รูปที่ 4.25 แสดงผลการเก็บบันทึกข้อมูล

4.7.1 ตารางแสดงผลเก็บข้อมูลการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอด

ตารางแสดงผลเก็บข้อมูลการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอด มีรายละเอียดการเก็บบันทึกข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.22 ดังนี้

ตารางที่ 4.22 แสดงข้อความการเก็บบันทึกข้อมูล

ข้อความการเก็บบันทึกข้อมูล	รายละเอียด
Pump 1 Remote Switch	ปั๊มสูบน้ำ 1 รีโมตสวิตช์
Pump 2 Remote Switch	ปั๊มสูบน้ำ 2 รีโมตสวิตช์
Pump 3 Remote Switch	ปั๊มสูบน้ำ 3 รีโมตสวิตช์
Pump Auto Run	ปั๊มสูบน้ำโหมดอัตโนมัติทำงาน
Pump 1 Manual Run	ปั๊มสูบน้ำ 1 โหมดแมนนวลทำงาน
Pump 2 Manual Run	ปั๊มสูบน้ำ 2 โหมดแมนนวลทำงาน
Pump 3 Manual Run	ปั๊มสูบน้ำ 3 โหมดแมนนวลทำงาน
Pump 1 ON	ปั๊มสูบน้ำ 1 ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

Pump 2 ON	ปั๊มสูบน้ำ 2 ทำงาน
Pump 3 ON	ปั๊มสูบน้ำ 3 ทำงาน
Pump 1 Overload	ปั๊มสูบน้ำ 1 กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด
Pump 2 Overload	ปั๊มสูบน้ำ 2 กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด
Pump 3 Overload	ปั๊มสูบน้ำ 3 กระแสไฟฟ้าเกินพิกัด
Pump 1 Thermostat	ปั๊มสูบน้ำ 1 ,อุณหภูมิสูง
Pump 2 Thermostat	ปั๊มสูบน้ำ 2 อุณหภูมิสูง
Pump 3 Thermostat	ปั๊มสูบน้ำ 3 อุณหภูมิสูง
Pump 1 Moisture	ปั๊มสูบน้ำ 1 มีความชื้น
Pump 2 Moisture	ปั๊มสูบน้ำ 2 มีความชื้น
Pump 3 Moisture	ปั๊มสูบน้ำ 3 มีความชื้น
Flow Switch 1	โฟลว์สวิตช์ 1 ทำงาน
Flow Switch 2	โฟลว์สวิตช์ 2 ทำงาน
Flow Switch 3	โฟลว์สวิตช์ 3 ทำงาน
Flow Switch 1 Fault	โฟลว์สวิตช์ 1 ไม่ทำงาน
Flow Switch 2 Fault	โฟลว์สวิตช์ 2 ไม่ทำงาน
Flow Switch 3 Fault	โฟลว์สวิตช์ 3 ไม่ทำงาน
Level 1	ระดับน้ำที่ 1
Level 2	ระดับน้ำที่ 2
Level 3	ระดับน้ำที่ 3
Level 4	ระดับน้ำที่ 4
Level 5	ระดับน้ำที่ 5
Delay Time Level 3 to Level 4	เวลาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ 3 ไป 4 เร็วกว่าเวลาที่ตั้งไว้
Delay Time Level 4 to Level 5	เวลาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ 4 ไป 5 เร็วกว่าเวลาที่ตั้งไว้
Power Failure	ระบบไฟฟ้าขัดข้อง
Generator Running	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังทำงาน
Warming of Generator	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังอุ่นเครื่องยนต์
Generator Oil Level Low	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีระดับน้ำมันต่ำ
Generator Oil Level FULL	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีระดับน้ำมันสูง
Battery over 350 days	อายุการใช้งานแบตเตอรี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เกิน 350 วัน
Lighting Circuit 1	แสงสว่างวงจรที่ 1 ทำงาน
Lighting Circuit 2	แสงสว่างวงจรที่ 2 ทำงาน
Lighting Circuit 3	แสงสว่างวงจรที่ 3 ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

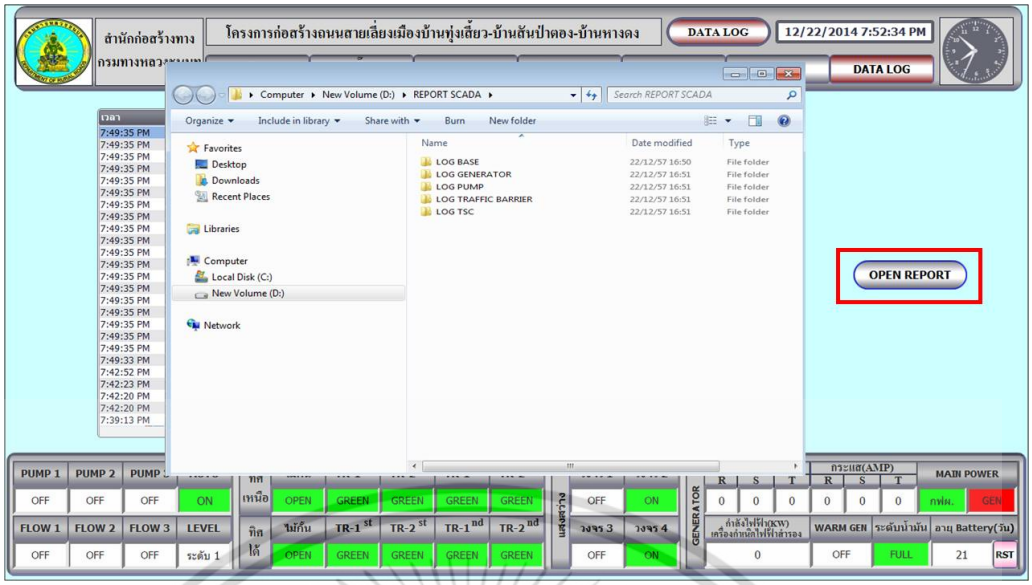
Lighting Circuit 4	แสงสว่างวงจรที่ 4 ทำงาน
Traffic Barier North Remote Switch	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศเหนือรีโมตสวิตช์
Traffic Barier South Remote Switch	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศใต้รีโมตสวิตช์
Traffic Barier North Auto	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศเหนือโหมดอัตโนมัติทำงาน
Traffic Barier South Auto	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศใต้โหมดอัตโนมัติทำงาน
Traffic Barier North Manual Open	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศเหนือเปิดช่องทางด้วยโหมดแมนนวล
Traffic Barier North Manual Close	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศเหนือปิดช่องทางด้วยโหมดแมนนวล
Traffic Barier North Status Open	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศเหนือมีสถานะเปิด
Traffic Barier North Status Close	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศเหนือมีสถานะปิด
Traffic Barier South Manual Open	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศใต้เปิดช่องทางด้วยโหมดแมนนวล
Traffic Barier South Manual Close	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศใต้ปิดช่องทางด้วยโหมดแมนนวล
Traffic Barier South Status Open	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศใต้มีสถานะเปิด
Traffic Barier South Status Close	ไม้กระดกกั้นจราจรทิศใต้มีสถานะปิด
Traffic Light North 1st	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือเลนซ้ายแถวที่ 1 ทำงาน
Traffic Light North 1nd	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือเลนซ้ายแถวที่ 2 ทำงาน
Traffic Light North 2st	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือเลนขวาแถวที่ 1 ทำงาน
Traffic Light North 2nd	ไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือเลนขวาแถวที่ 2 ทำงาน
Traffic Light South 1st	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้เลนซ้ายแถวที่ 1 ทำงาน
Traffic Light South 1nd	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้เลนซ้ายแถวที่ 2 ทำงาน
Traffic Light South 2st	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้เลนขวาแถวที่ 1 ทำงาน
Traffic Light South 2nd	ไฟสัญญาณจราจรทิศใต้เลนขวาแถวที่ 2 ทำงาน

4.7.2 เรียกดูไฟล์ข้อมูล

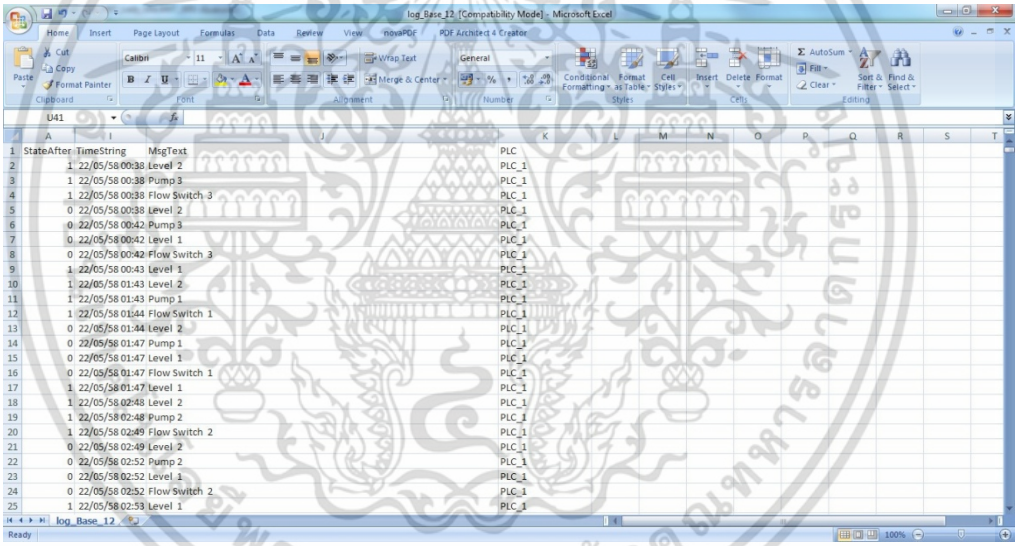
เรียกดูไฟล์ข้อมูล จากการบันทึกข้อมูลของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด โดยมีการจัดเก็บข้อมูลเป็นไฟล์เอ็กเซลดังแสดงในรูปที่ 4.27 แบ่งการจัดเก็บบันทึกข้อมูลออกเป็น 5 โฟลเดอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.26 มีรายละเอียดดังนี้

1. LOG BASE - บันทึกข้อมูลของทุกระบบ
2. LOG GENERATOR - บันทึกข้อมูลของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเอทีเอส
3. LOG PUMP - บันทึกข้อมูลของระบบปั๊มสูบน้ำ
4. LOG TRAFFIC BARRIER - บันทึกข้อมูลของระบบไม้กระดกกั้นจราจร
5. TSC - บันทึกข้อมูลของระบบไฟสัญญาณจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงโฟลเดอร์การเก็บบันทึกข้อมูล



รูปที่ 4.27 แสดงการจัดเก็บข้อมูลไฟล์เอ็กเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล

5.1 สรุปผล

ผลจากการเขียนโปรแกรมคำสั่งแลดเดอร์พีแอลซีควบคุมการทำงานระบบอุโมงค์ทางลอดทั้ง 5 ระบบตามที่ได้ออกแบบเงื่อนไขการทำงาน ปรากฏว่าระบบการทำงานของอุโมงค์ทางลอดทั้ง 5 ระบบสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ออกแบบได้จริง

คอมพิวเตอร์แสดงผลและควบคุมการทำงานของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด สามารถแสดงผลและควบคุมการทำงานได้จริง โดยการเปลี่ยนสถานะของกราฟฟิกที่ออกแบบไว้ตามการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอด การแจ้งเตือนของระบบ การเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อเตรียมการแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

การเชื่อมต่อข้อมูลไร้สายระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ADSL โดยใช้ VPN เราเตอร์เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อระบบเครือข่ายทางด้านศูนย์ควบคุมจราจรกับเครือข่ายทางด้านอุโมงค์ ทางลอดให้เป็นระบบเครือข่ายเดียวกัน สามารถเชื่อมต่อได้โดยขึ้นอยู่กับความสเถียรภาพของสัญญาณอินเตอร์เน็ตของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตบริษัท ทริปเปิลที (3BB) ข้อดีของการเชื่อมต่อข้อมูลไร้สายระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ADSL คือช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายสัญญาณและลดระยะเวลาในการติดตั้งและมีข้อเสียคือการตอบสนองของสัญญาณช้ากว่าระบบที่มีการเดินสายสัญญาณเมื่อนำมาใช้งานจริง

ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดสามารถควบคุมการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจรระยะไกลไร้สายผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ตามเงื่อนไขการทำงานที่ออกแบบไว้เพื่อเตือนภัยการเกิดน้ำท่วมอุโมงค์ทางลอดและป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้น เนื่องจากลักษณะพื้นที่ด้านใต้อุโมงค์ทางลอด มีทางน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด ได้ถูกออกแบบและนำมาใช้เพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงความเสียหายที่เกิดขึ้นนี้ โดยการแสดงผลและควบคุมการทำงานของระบบอุโมงค์บนหน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงผลสกาด้าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แนวทางการนำไปพัฒนา

1. ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดสามารถนำไปประยุกต์พัฒนาใช้กับอุโมงค์ทางลอดอื่นหรือสามารถนำอุโมงค์ทางลอดอื่นมาเพิ่มในระบบสกาด้าเดียวกันเพื่อแสดงผลระบบอุโมงค์ทางลอดที่มากขึ้นได้

2. หน้าจอแสดงกราฟฟิกสามารถพัฒนาให้สวยงามมากขึ้นและผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้นต่อไปในอนาคต

3. ระบบสกาด้าเป็นระบบต้นและเป็นแบบแยกตัวอิสระยังไม่มีการสำรองระบบเมื่อเกิดการสื่อสารขัดข้อง ซึ่งสามารถหาวิธีพัฒนาการสำรองระบบได้ในอนาคต

4. การเพิ่มคอมพิวเตอร์แสดงผลระบบสกาด้าเพื่อนำไปแสดงผลยังสถานที่อื่นนอกจากศูนย์ควบคุมจราจรซึ่งสามารถนำไปพัฒนาการออกแบบระบบสื่อสารต่อไปได้ในอนาคต

5. เพิ่มเงื่อนไขการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดให้มีความชาญฉลาดมากยิ่งขึ้น เช่น เพิ่มการติดตั้งเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนเพื่อควบคุมการทำงานของระบบปั๊มสูบน้ำตามปริมาณน้ำฝนที่มากขึ้นผิดปกติ หรือเพิ่มระบบตั้งเวลาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ เพื่อให้ระบบปั๊มสูบน้ำทำงานตามเงื่อนไขของระดับน้ำที่กำหนดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, **ระบบพีแอลซี**, พิมพ์ครั้งที่ 11, กรุงเทพมหานคร, มีนาคม 2551

[2] รศ. สุเธียร เกียรติสุนทร, พีแอลซีกับระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, มกราคม 2558

[3] Dennis J. Gaushell and Henry T. Darlington, **"Supervisory Control and Data Acquistion**," Proceedings of the IEEE, vol. 75, pp. 1645-1658, December 1987.

[4] Wang Chunlei, Fang Lan and Dai Yiqi, **"A Simulation Environment for SCADA Security Analysis and Assessment**," International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, vol. 1, pp. 342-347, March 2010.

[5] Rami AI-Dalky, **"A Modbus traffic generator for evaluating the security of SCADA systems**," Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), vol. 9, pp. 809-814, July 2014.

[6] M. R. Anwar, **"Human Machine Interface Using OPC (OLE for Process Control)**," Engineering, Sciences and Technology, Student Conference On, vol. 1, pp. 35-40, December 2004.

[7] David Bailey and Edwin Wright, **"Practical SCADA for Industry**," Newnes, Great Britain, 2003.

[8] **SIAMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual**, Siemens AG, Nurnberg, 2014.

[9] **SIMATIC STEP 7 Basic V13 SP1 System Manual**, Siemens AG, Nurnberg, 2014.

[10] พรเทพ รัตนกำพล, **"การพัฒนาระบบ SCADA สำหรับอุตสาหกรรมผลิตเมล็ดกาแฟ"**, วิทยานิพนธ์ (วศ.บ.(วิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)) -- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547.

[11] วันชัย รักษาควร และ นัฐวุธ ขันธเนตร, **"การติดตั้งระบบสกาด้าของรถไฟฟ้าบีทีเอสสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ตากสิน-เพชรเกษม"**, วิทยานิพนธ์ (วศ.บ.(วิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)) – มหาวิทยาลัยสยาม, 2556.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
คุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© Siemens AG 2010

SIMATIC S7-1200

Introduction

S7-1200

Overview

- The new modular miniature controller from the SIMATIC S7 family
- Consisting of:
  - controller with integrated PROFINET interface for communication with programming device, HMI or other SIMATIC controllers
  - powerful, integrated technology functions such as counting, measuring, closed-loop control, and motion control
  - integrated digital and analog inputs/outputs
  - signal boards for direct use in a controller
  - signal modules for expansion of controllers by input/output channels
  - communication modules for expansion of controllers by communications interfaces
  - accessories, e.g. power supply, switch module or SIMATIC Memory Card
- The miniature controller that offers maximum automation at minimum cost
- Extremely simple installation, programming and operation
- Large-scale integration, space-saving, powerful
- Suitable for small to medium-size automation engineering applications
- Can be used both for simple controls and for complex automation tasks
- All CPUs can be used in stand-alone mode, in networks and within distributed structures
- Suitable for applications where programmable controllers would not have been economically viable in the past
- With exceptional real-time performance and powerful communication options

Application

The SIMATIC S7-1200 is the controller for open-loop and closed-loop control tasks in mechanical equipment manufacture and plant construction. It combines maximum automation and minimum cost.

Due to the compact modular design with a high performance at the same time, the SIMATIC S7-1200 is suitable for a wide variety of automation applications. Its range of use extends from the replacement of relays and contactors up to complex automation tasks in networks and within distributed structures.

The S7-1200 also increasingly opens up areas for which special electronics was previously developed for economical reasons.

Application examples include, for example:

- Placement systems
- Conveyor systems
- Elevators and escalators
- Material transportation equipment
- Metalworking machinery
- Packaging machines
- Printing machines
- Textile machines
- Mixing systems
- Freshwater treatment plants
- Wastewater treatment plants
- External displays
- Electricity distribution stations
- Room temperature control
- Heating/cooling system control
- Energy management
- Fire protection systems
- Air conditioning
- Lighting control
- Pump control
- Security/access control systems

Design

The SIMATIC S7-1200 family consists of the following modules:

- 3 compact controllers with graded performances in different versions as wide-range AC or DC controllers
- 2 signal boards (analog and digital) for low-cost modular controller expansion directly on the CPU, with retention of the mounting space
- 13 different digital and analog signal modules
- 2 communication modules (RS232/RS485) for communication via point-to-point connection
- Ethernet switch with 4 ports for implementation of many different network topologies
- PS 1207 stabilized power supply units, line voltage 115/230 V AC, rated voltage 24 V DC

Mechanical features

- Rugged, compact plastic enclosure
- Easily accessible connection and control elements, protected by front flaps
- Removable connection terminals, also for analog or digital expansion modules

Device features

- International standards:
  SIMATIC S7-1200 complies with the standards according to VDE, UL, CSA and FM (Class I, Category 2; Danger zone groups A, B, C and D, T4A). The quality management system used during production is certified according to ISO 9001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© Siemens AG 2010

Design (continued)

Communication

The SIMATIC S7-1200 is equipped with different communication mechanisms:

- Integral PROFINET interface
- Point-to-point connection via communication modules

PROFINET interface

The integral PROFINET interface permits communication with:

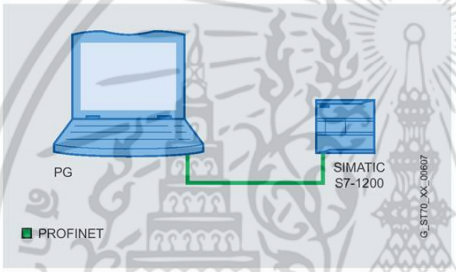
- Programming device
- HMI devices
- Other SIMATIC controllers

The following protocols are supported:

- TCP/IP
- ISO-on-TCP
- S7 communication

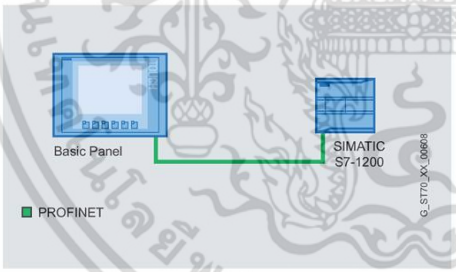
The following can be connected:

Field PG programming device and PCs via standard CAT5 cable.



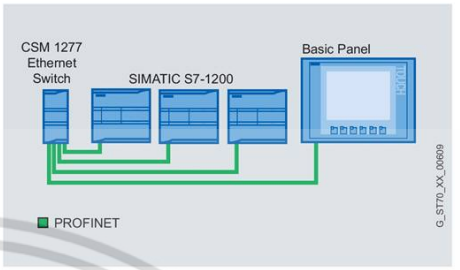
Connection between PG and CPU of SIMATIC S7-1200

- SIMATIC HMI Basic Panels



Connection between Basic Panel and CPU of SIMATIC S7-1200

- Further SIMATIC S7-1200 controllers

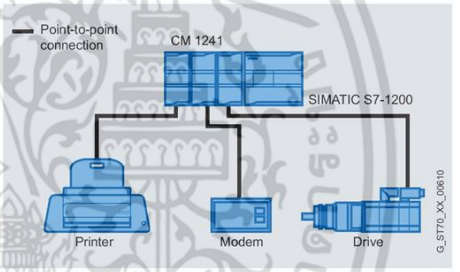


Connection of several devices via CSM 1277 Ethernet switch

Point-to-point interface, freely-programmable interface mode

Communication modules permit communication via point-to-point connections. The RS232 and RS485 physical transmission media are used. Data transmission is carried out in the "Freeport" mode of the CPU. A user-specific, bit-oriented communication protocol is used (e.g. ASCII protocol, USS, or MODBUS).

Any terminal equipment with a serial interface can be connected, e.g. drives, printers, bar code readers, modems, etc.



Point-to-point connection via CM 1241 in programmable interface mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© Siemens AG 2010

SIMATIC S7-1200
Introduction

Function

The S7-1200 is characterized by:

- Extremely simple starter solution:
  Special starter packages and introductions facilitate familiarization.
- Uncomplicated operation:
  Powerful standard commands which are simple to use, together with the user-friendly programming software, reduce the programming overhead to a minimum.
- Exceptional real-time characteristics:
  Special interrupt functions, fast counters, and pulse outputs permit use even with time-critical processes.

The SIMATIC S7-1200 meets national and international standards:

- UL 508
- CSA C22.2 No. 142
- FM Class I, div. 2, group A, B, C, D; T4A Class I, Zone 2, IIC, T4
- VDE 0160
- EN 61131-2
- Requirements of the EMC directive in accordance with EN 50081-1, 50081-2 and 50082-2

Technical specifications

General technical specifications	
Degree of protection	IP20 acc. to IEC 529
Ambient temperature	
• Operation (95% humidity)	
- horizontal installation	0 ... 55 °C
- vertical installation	0 ... 45 °C
• Transportation and storage	-40 ... +70 °C
- with 95% humidity	25 ... 55 °C
Insulation	
• 5/24 V DC circuits	500 V AC test voltage
• 115/230 V AC circuits to ground	1500 V AC test voltage
• 115/230 V AC circuits to 115/230 V AC circuits	1500 V AC test voltage
• 230 V AC circuits to 5/24 V DC circuits	1500 V AC test voltage
• 115 V AC circuits to 5/24 V DC circuits	1500 V AC test voltage
Electromagnetic compatibility	Requirements of the EMC directive
• Noise immunity acc. to EN 50082-2	Test acc. to: IEC 801-2, IEC 801-3, IEC 801-4, EN 50141, EN 50204, IEC 801-5, VDE 0160
• Emitted interference acc. to EN 50081-1 and EN 50081-2	Test according to EN 55011, Class A, Group 1

General technical specifications	
Mechanical strength	
• Vibrations, test acc. to / tested with	IEC 68, Part 2-6: 10 ... 57 Hz; constant amplitude 0.3 mm; 58 ... 150 Hz; constant acceleration 1 g (mounted on DIN rail) or 2 g (mounted in switchboard); mode of vibration: frequency sweeps with a sweep rate of 1 octave/minute; duration of vibration: 10 frequency sweeps per axis in each direction of the three mutually perpendicular axes
• Shocks, test acc. to / tested with	IEC 68, Part 2-27/half-sine: magnitude of shock 15 g (peak value), duration 11 ms, 6 shocks in each of the three mutually perpendicular axes

Environmental conditions	SIPLUS extreme	
Ambient temperature range	-25 to +60/+70 °C[1]	
Relative humidity	100% Dewing, condensation and icing permissible	
Contaminant concentration	EN60721-3-3 3C4 and ISA S71.04 G1, G2, G3, GX[2]	
	Constant load	Limit value[3]
	SO_2 4.8 ppm	17.8 ppm
	H_2S 9.9 ppm	49.7 ppm
	Cl 0.2 ppm	1.0 ppm
	HCl 0.66 ppm	3.3 ppm
	HF 0.12 ppm	2.4 ppm
	NH 49 ppm	247 ppm
	O_3 0.1 ppm	1.0 ppm
	NO_x 5.2 ppm	10.4 ppm
	At RH < 75%, condensation permitted	
Saline fog	Saline fog test (EN 60068-2-52)	
Mechanically active substances	EN60721-3-3 3S4	
• Dust (suspended substance content)	4.0 mg/m²h	
• Dust (precipitation)	40 mg/m²h incl. conductive sand/dust ("Arizona dust")	
Biologically active substances	EN60721-3-3 3B2 Mildew growth, Fungus, excluding fauna	

1) Depends on the product family
2) ISA -S71.04 severity level GX from October 2010
3) 30 min/day

More information

Brochures

Information material for downloading can be found in the Internet:

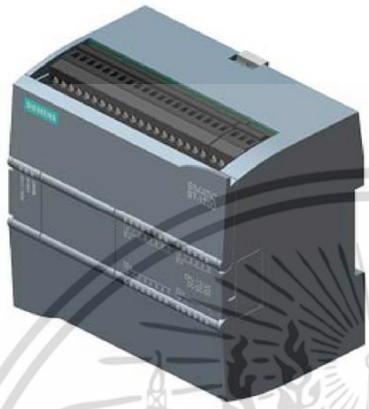
http://www.siemens.com/simatic/printmaterial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

Data sheet **6ES7214-1AG40-0XB0**

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, COMPACT CPU, DC/DC/DC, ONBOARD I/O: 14 DI 24V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0 - 10V DC, POWER SUPPLY: DC 20.4 - 28.8 V DC, PROGRAM/DATA MEMORY: 100 KB



General information	
Product type designation	CPU 1214C DC/DC/DC
Firmware version	V4.1
Engineering with	
• Programming package	STEP 7 V13 SP1 or higher
Display	
with display	No
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Load voltage L+	
• Rated value (DC)	24 V
• permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
• permissible range, upper limit (DC)	28.8 V

Changes preserved
© Copyright Siemens AG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

Data sheet **6ES7212-1AE40-0XB0**

SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, COMPACT CPU, DC/DC/DC, ONBOARD I/O: 8 DI 24V DC; 6 DO 24 V DC; 2 AI 0 - 10V DC, POWER SUPPLY: DC 20.4 - 28.8 V DC, PROGRAM/DATA MEMORY: 75 KB

General information	
Product type designation	CPU 1212C DC/DC/DC
Firmware version	V4.1
Engineering with	
• Programming package	STEP 7 V13 SP1 or higher
Display	
with display	No
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Load voltage L+	
• Rated value (DC)	24 V
• permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
• permissible range, upper limit (DC)	28.8 V

Changes preserved
© Copyright Siemens AG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

Data sheet **6EP1332-1SH71**

SIMATIC S7-1200 POWER MODULE PM1207 STABILIZED POWER SUPPLY INPUT: 120/230 V AC OUTPUT: 24 V DC/2.5 A

Technical specifications	
Product	S7-1200 PM1207
Power supply, type	24 V/2.5 A
Input	
Input	1-phase AC
Supply voltage 1 with AC Rated value	120 V
Supply voltage 2 with AC Rated value	230 V
• Note	Automatic range selection
Input voltage 1 with AC	85 ... 132 V
Input voltage 2 with AC	176 ... 264 V
Wide-range input	No
Overvoltage resistance	2.3 × Vin rated, 1.3 ms
Mains buffering at Iout rated, min.	20 ms; at Vin = 93/187 V
Rated line frequency	50 ... 60 Hz
Rated line range	47 ... 63 Hz
Input current at rated input voltage 120 V Rated value	1.2 A
Input current at rated input voltage 230 V Rated value	0.67 A
Switch-on current limiting (+25 °C), max.	13 A
Duration of inrush current limiting at 25 °C maximum	3 ms
I^2t, max.	0.5 $A^2 \cdot s$
Built-in incoming fuse	T 3,15 A/250 V (not accessible)
Protection in the mains power input (IEC 898)	Recommended miniature circuit breaker: 16 A characteristic B or 10 A characteristic C

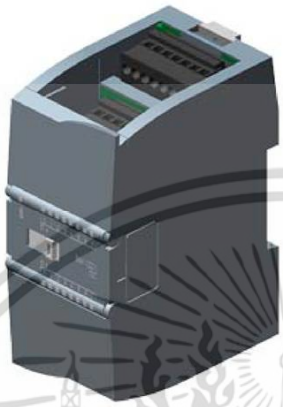
Changes preserved
© Copyright Siemens AG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

Data sheet **6ES7221-1BH32-0XB0**

SIMATIC S7-1200, DIGITAL INPUT SM 1221, 16 DI, 24VDC, SINK/SOURCE INPUT



Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
from backplane bus 5 V DC, max.	130 mA
Digital inputs	
• from load voltage L+ (without load), max.	4 mA; per channel
Output voltage	
Power supply to the transmitters	
• present	Yes
Power loss	
Power loss, typ.	2.5 W
Digital inputs	
Number of digital inputs	16
• in groups of	4

Changes preserved
© Copyright Siemens AG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

Data sheet **6ES7222-1BH32-0XB0**

SIMATIC S7-1200, DIGITAL OUTPUT SM 1222, 16 DO, 24V DC, TRANSISTOR 0.5A

Supply voltage	
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
from backplane bus 5 V DC, max.	140 mA
Power loss	
Power loss, typ.	2.5 W
Digital outputs	
Number of digital outputs	16
• in groups of	1
Short-circuit protection	No; to be provided externally
Limitation of inductive shutdown voltage to	typ. (L+) -48 V
Switching capacity of the outputs	
• with resistive load, max.	0.5 A
• on lamp load, max.	5 W
Output voltage	
• Rated value (DC)	24 V

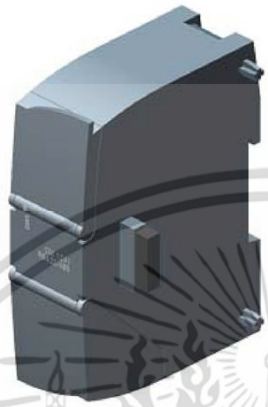
Changes preserved
© Copyright Siemens AG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

Data sheet **6ES7241-1CH32-0XB0**

SIMATIC S7-1200, COMMUNICATION MODULE CM 1241, RS422/485, 9 PIN SUB D (FEMALE) SUPPORTS MESSAGE BASED FREEPORT



Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption, max.	220 mA; From backplane bus 5 V DC
Power loss	
Power loss, typ.	1.1 W
Interfaces	
Number of interfaces	1
Interface (physical) RS 422/485 (X.27)	Yes
Point-to-point	
• Cable length, max.	1 000 m
Integrated protocol driver	
— ASCII	Yes; Available as library function
— USS	Yes; Available as library function

Changes preserved
© Copyright Siemens AG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

Data sheet **6GK7277-1AA10-0AA0**

Product type designation

CSM 1277
COMPACT SWITCH MODULE CSM 1277 CONNECTION SIMATIC S7-1200 AND UP TO 3 FURTHER IND. ETHERNET USERS WITH 10/100 MBIT/S UNMANAGED SWITCH, 4 RJ45 PORTS, EXT. 24V DC POWER SUPPLY, LED DIAGNOSTICS, S7-1200 MODULE INCL. ELECTRONIC MANUAL ON CD

Transmission rate	
Transfer rate	10 Mbit/s, 100 Mbit/s
Interfaces / for communication / integrated	
Number of electrical connections	
• for network components or terminal equipment	4
Number of 100 Mbit/s SC ports	
• for multimode	0
Number of 1000 Mbit/s LC ports	
• for multimode	0
• for single mode (LD)	0
Interfaces / others	
Number of electrical connections	
• for power supply	1
Type of electrical connection	
• for power supply	3-pole terminal block
Supply voltage, current consumption, power loss	
Type of voltage / of the supply voltage	DC

Changes preserved
© Copyright Siemens AG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

Datasheet **6AV2102-0AA03-0AA5**

SIMATIC WINCC ADVANCED V13 ENGINEERING SOFTWARE IN TIA PORTAL; FLOATING LICENSE; SOFTWARE AND DOCUMENTATION ON DVD; LICENSE KEY ON USB-STICK; CLASS A; 6 LANGUAGES: GE,EN,IT,FR,SP,CH; EXECUTABLE UNDER WINDOWS 7 (32 BIT, 64 BIT), WINDOWS 8.1 (64 BIT), WINSRV 2008/2012 R2 (64 BIT); FOR CONFIGURATION OF SIMATIC PANELS, WINCC RUNTIME ADVANCED

last modified: 24.10.2014

Changes preserved
© Copyright Siemens AG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dell OptiPlex 3020

The Dell OptiPlex 3020 provides great customer value and performance, featuring 4th Generation Intel® Core™ processors for reliable workplace productivity while also delivering peace of mind with best-in-class security.

The essential computing experience

Empower your workforce with the Dell OptiPlex 3020, Dell's newest budget-friendly desktop, developed to meet your users' workplace requirements. Available with up to Intel® Core™ i5 Processors, Intel® HD Graphics 4600, and dual monitor capabilities, the Dell OptiPlex 3020 provides the vehicle for increased productivity and collaboration especially when combined with Dell essential accessories such as award winning monitors, keyboards, mice, and headsets for a complete computing experience.

Inspired, reliable design

The OptiPlex 3020 provides you with the choice of two durable chassis sizes designed to integrate seamlessly into your office environment. Built with thumbscrews for tool-less serviceability makes the OptiPlex 3020 one of the most serviceable commercial-level desktops on the market. Dell OptiPlex is synonymous with stability, longer lifecycles and easily managed transitions. Dell's chassis have undergone Dell reliability testing to help ensure they are built to last.

A single point of contact

By partnering with Dell for your client needs, that's what you get for every stage of client management – from Dell Configuration services through product recycling. Dell OptiPlex 3020 comes with award-winning Dell ProSupport™ for 24X7 access to Dell experts to help keep your systems up and running.

Best-in-class security

Your data is your company's most important asset. Dell OptiPlex 3020 provides peace of mind for IT with comprehensive, best-in-class security features. Dell OptiPlex 3020 provides TCG certified TPM for secure credential storage, and ships with Dell Data Protection | Security Tools and Dell Data Protection | Protected Workspace for advanced authentication and leading edge malware prevention, and can protect data on any device, across external media and in the cloud with optional Dell Data Protection | Encryption, available factory-installed.

Easy manageability

Help save time and provide IT efficiency with Dell manageability features. Easily manage your OptiPlex fleet with tight integration into Microsoft System Center and Dell KACE appliances. Save time and eliminate guesswork with Dell automated tools and utilities for deploying, monitoring and updating systems. In addition, you can rely on Dell Services to configure, deploy and help manage your systems.

Integrated complete solution

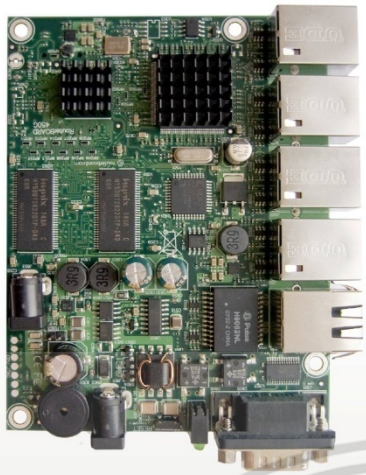
The OptiPlex 3020 supports Dell Cloud Client Computing solutions such as client hosted virtualization and virtual remote desktop providing your business with more flexibility – especially for businesses with remote locations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dell OptiPlex 3020

OptiPlex 3020 MT/SFF Technical Specifications[1]			
Processors[1]	Intel® 4th generation Core™ i5 Quad Core, Core™ i3 Dual Core, Pentium® Dual Core and Celeron® Dual Core		
Chipset	Intel® H81 Chipset		
Operating System Options[1]	Microsoft® Windows 8 Standard 64-bit, Microsoft ® Windows 8 Pro 64-bit Microsoft® Windows 8,1 Standard 64-bit, Microsoft ® Windows 8 Pro 64-bit Microsoft® Windows 7® Home Premium SP1 (32/64 bit), Microsoft® Windows 7® Professional SP1 (32/64 bit), Microsoft® Windows 7® Ultimate SP1 (32/64 bit); Ubuntu		
Graphics[2]	Integrated Intel® HD Graphics 4600 (with select CPUs); supports optional discrete graphics solutions from AMD		
Memory[3]	2 DIMM slots; Non-ECC dual-channel 1600MHz DDR3 SDRAM, supports up to 16GB		
Networking	Integrated Realtek® RTL8151GD Ethernet LAN 10/100/1000; supports optional PCIe 10/100/1000 network card, optional wireless 802.11n card		
I/O Ports	2 external USB 3.0 ports (rear) and 6 external USB 2.0 ports (2 front, 4 rear); 1 Serial port (optional); 1 PS/2 (optional); 1 RJ-45; 1 VGA; 1 DisplayPort 1.2; 1 Mic-in & 1 Headphone out (front); 1 Mic-in/Line-in & 1 Line-out(rear)		
Removable Media Options	Supports optional optical disc drives and media card reader options		
Hard Drives[4] Options	Hard Disk Drives: up to 1TB Supports Solid State Drives, Hybrid and Hybrid Opal SED FIPS No Hard Drive – Supports Dell Cloud Desktop diskless option		
Chassis		Minitower (MT)	Small Form Factor (SFF)
	Dimensions (H x W x D) Inches/(cm)	14.2 x 6.9 x 16.4 / (36.0 x 17.5 x 41.7)	11.4 x 3.7 x 12.3 / (29.0 x 9.3 x 31.2)
	Min Weight (lbs/kg)	20.68 / 9.4	13.2 /6.0
	Number of Bays	2 internal 3.5" 2 external 5.25"	1 internal 3.5" 1 external 5.25" (slimline)
	Expansion Slots	1 full height PCIe x16 3 full height PCIe x1	1 half height PCIe x16 1 half height PCIe x1
	Power Supply[5] Unit (PSU)	Standard 290W PSU Active PFC or optional 290W up to 90% Efficient PSU (80 PLUS Gold); ENERGY STAR compliant, Active PFC	Standard 255W PSU Active PFC or optional 255W up to 90% Efficient PSU (80 PLUS Gold); ENERGY STAR compliant, Active PFC
Recommended	Dell Monitors:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



RB450

The RB450G is a five port Gigabit ethernet router. Comparing to the RB450, the RB450G not only adds Gigabit speed capability, but also 256Mb of RAM, a faster CPU and a microSD card slot for file storage.

The device is powered by a fast AR7161 680MHz Atheros CPU, and also includes a temperature sensor and voltage monitor.

RB450G includes RouterOS - the operating system, which will turn this powerful system into a highly sophisticated router, firewall or bandwidth manager.

One small device - with all the power of RouterOS. At a very special price.

	RB450	RB450G
CPU	AR7130 300MHz	AR7161 680MHz
Memory	32MB DDR SDRAM	256MB DDR SDRAM
Data storage	NAND memory chip	NAND memory chip, microSD slot on back side
Ethernet	Five 10/100 Mbit/s Ethernet ports with Auto-MDI/X, Hardware switch chip and port mirror support	Five 10/100/1000 Mbit/s Gigabit ports with Auto-MDI/X, Hardware switch chip and port mirror support
Extras	Reset switch, beeper, voltage and temperature monitors	Reset switch, beeper, voltage and temperature monitors
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port
LEDs	Power, NAND activity, 5 user LEDs	Power, NAND activity, 5 user LEDs
Power options	PoE: 8-28V DC on Ether1 (Non 802.3af). Jack: 8-30V DC	PoE: 8-28V DC on Ether1 (Non 802.3af). Jack: 8-30V DC
Dimensions	90mm x 115mm, 105 g	90mm x 115mm, 105 g
RouterOS License	Level5	Level5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

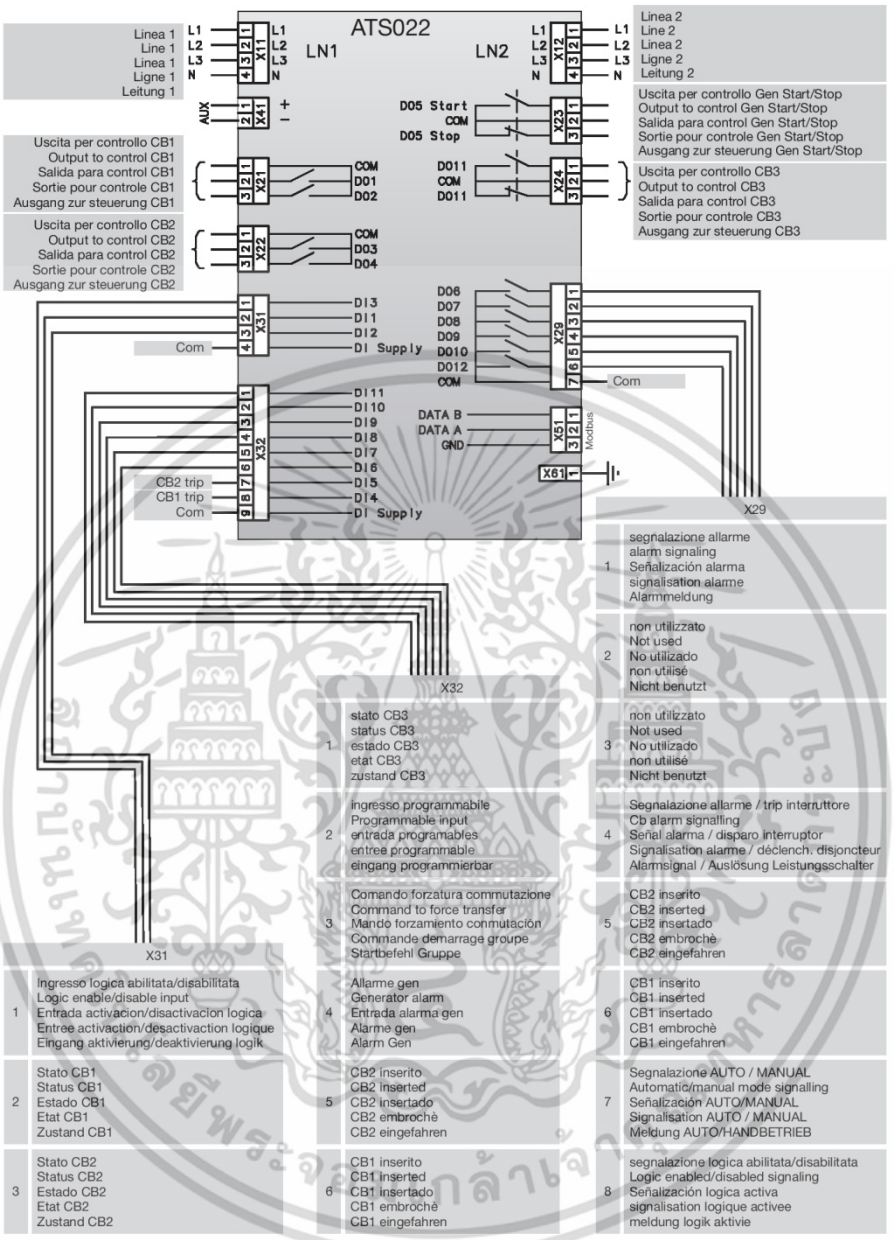


Figure 6.1: Control circuit diagram ATS022

Power and productivity for a better world™

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Technical data

ATS022		Value
Three-phase voltage used		
	Connected voltage	100Vac - 480Vac (+/-20%)
	Phase voltage	57,7Vac - 277Vac (+/-20%)
	Safety auxiliary voltage	24Vdc - 110 Vdc (-10% / +15%)
	Frequency	50-60-400-16 2/3 Hz
Single-phase voltage used		
	Phase voltage	57,7Vac - 277Vac (+/-20%) (1
	Safety auxiliary voltage	24Vdc - 110 Vdc (-10% / +15%) (2
	Frequency	50-60-400-16 2/3 Hz (3
Measurement precision		
	Voltage	1%
	Frequency	1%
Relay utilization category		8 A, AC1, 250 V
Relay/connectors utilization category		6 A, AC1, 250 V
Over voltage category		III, Uimp 6 kV
Power consumption		Max 12W
IP rating		IP20
Device weight		1314g
Operating temperature		-20 / +60 °C (4
Storage temperature		-25 / +80°C
Humidity		r.h=95% T=25...60°C
Altitude		Max. 2000m

NOTES
(1 In single-phase system it is not possible to select Un 100 V, 115 V, 120 V.
(2 In single-phase system, if Un is between 57.7 - 109 V an auxiliary safety power supply is necessary.
(3 In case of rated frequency 16 2/3 Hz, an auxiliary safety power supply must be used. If the rated voltage is greater than 100 VAC external transformers must be used.
(4 If the ATS022 is used in environments with extremely low temperatures (less than - 10°C) it is advisable to use a safety auxiliary power supply to avoid display problems of the graphic display.

Table 7.1: Technical data ATS022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GRUNDFOS **DATA BOOKLET**

DWK and DPK pumps

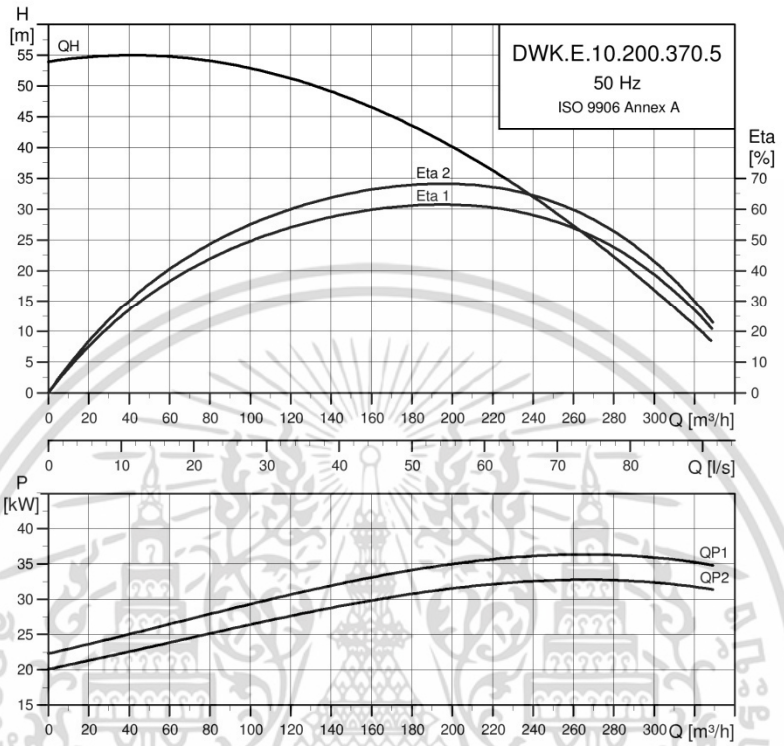
0.75 to 90 kW
50 Hz

BE › THINK › INNOVATE ›

GRUNDFOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

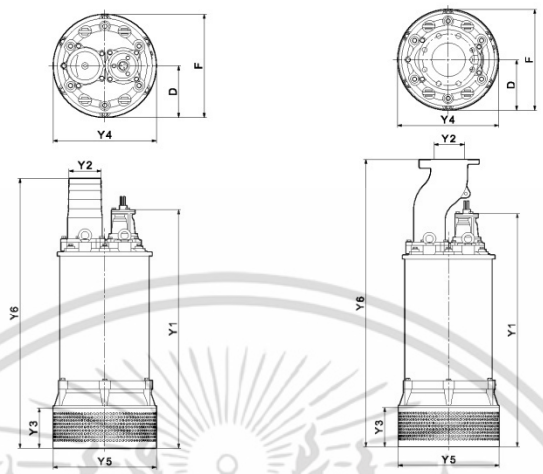
DWK.E.10.200.370.5



TM04 2902 0211

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dimensional sketches



Dimensions

Pump type	Connection type	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	D	F	Weight [kg]
DWK.E.10.200.370.5.1E.R DWK.E.10.200.370.5.1D.R	Hose	1318	200	220	612	557	1411	306	612	839
DWK.E.10.200.370.5.1E DWK.E.10.200.370.5.1D	Flange	1318	200	220	612	557	1561	306	612	841

With 10 m cable.

Electrical data

Pump type	Voltage [V]	P2 [kW]	min^{-1}	Starting method	I_N	η_{motor} [%]			Cos φ			Cable
					[A]	1/2	3/4	1/1	1/2	3/4	1/1	
DWK.E.10.200.370.5.1D	3 x 380-415 Y	37	2850	Y/D	72	87.6	89.5	90.1	0.751	0.828	0.86	7 x 16.0 mm^2 + 6 x 1.5 mm^2
DWK.E.10.200.370.5.1D.R	3 x 380-415 Y	37	2850	Y/D	72	87.6	89.5	90.1	0.751	0.828	0.86	7 x 16.0 mm^2 + 6 x 1.5 mm^2
DWK.E.10.200.370.5.1E	3 x 220-240 D	37	2850	Y/D	125	87.6	89.5	90.1	0.751	0.828	0.86	7 x 25.0 mm^2 + 6 x 1.5 mm^2
DWK.E.10.200.370.5.1E.R	3 x 220-240 D	37	2850	Y/D	125	87.6	89.5	90.1	0.751	0.828	0.86	7 x 25.0 mm^2 + 6 x 1.5 mm^2

Pump data

Pump type	Impeller type	Max. solids size [mm]	Max. number of starts per hour	Max. installation depth [m]	Enclosure class	Insulation class	Max. liquid temperature [°C]	pH
DWK.E.10.200.370	Enclosed	10	18	25	68	F	40	4-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
บทความทางวิชาการ

1. ชัยชนะ ทิมให้ผลและเชาว์ ชมภูอินไหว “ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด”, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่* 8 (EENET 2016), P. 41-44, 25-27 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัยสาขาไฟฟ้ากำลัง (PW) ต่อ		หน้า
PW09	การศึกษาคุณลักษณะการเป็นฉนวนทางไฟฟ้าของเอสเตอร์เปรียบเทียบกับน้ำมันหม้อแปลง *นรเศรษฐ พัฒนเดช และ กิตติพศ จริยานุรัตน์* *สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*	33
PW10	การจำลองสนามไฟฟ้าบริเวณผิวลูกถ้วยไฟฟ้าแรงสูงพอร์ซเลน 22 กิโลโวลต์ ในสภาวะเปรอะเปื้อน *วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ กิตติภณ เหล่าสูง และ ทักษ์คนัย ขวดแก้ว* *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย*	37
PW11	ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด *ชัยชนะ ทิมให้ผล และ เชาว์ ชมภูอินไหว* *สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*	41
PW12	ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า *วิชิต พิชัยชาญเลิศ และ เชาว์ ชมภูอินไหว* *สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*	45
PW13	ผลของน้ำมันที่มีต่อค่าอิมพีแดนซ์หม้อแปลงไฟฟ้า *ภูชิต ถึงสุข* *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ศาลายา*	49
PW14	ผลกระทบของกระแสฟ้าผ่าและรูปคลื่นต่ออัตราการวาบไฟตามผิวย้อนกลับของระบบสายส่งย่อย 69 kV บนเสาโมโนโพลในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง *ภาธร สิรจันทร์สว่าง[1] สมพร สิริสำราญนุกูล[1] และ อรรถ พยอมหอม[2]* *[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ [2]การไฟฟ้านครหลวง*	53
PW15	การป้องกันเสิร์จฟ้าผ่าของระบบแรงดันต่ำสำหรับตู้รวมส่งสัญญาณเพื่อเข้าถึงสายผู้เช่าดิจิทัล *วิมุติ มณีทัศน์ กรัณย์ ศิริจันทร์ชื่น และ ประมุข อุณหเลขกะ* *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ*	57
PW16	ผลกระทบจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค *นฤพล แก้วทรัพย์ และ พิทักษ์ บุญนุ่น* *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8

Proceedings of the 8th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2016 (EENET 2016)

PW11

ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด

A Smart SCADA System for Intersection Tunnel

ชัยชนะ ทิมให้ผล [1] และ เชาว์ ชมภูอินไหว [2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทร 0-2326-9902 E-mail: chaichana_tp@hotmail.com

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทร 0-2326-9902 E-mail: chompooc@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบสกาด้า (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA) สำหรับใช้ในอุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจร เพื่อควบคุมตรวจสอบสถานะการทำงานและป้องกันการเกิดน้ำท่วมอุโมงค์ทางลอด เพราะลักษณะพื้นที่ด้านใต้อุโมงค์มีทางน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด (A Smart SCADA System for Intersection Tunnel) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงความเสียหายที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที โดยระยะทางจากศูนย์ควบคุมจราจรและอุโมงค์ทางลอดมีระยะไกล การใช้ระบบสกาด้าเพื่อควบคุมการทำงานและตรวจสอบสถานะของอุโมงค์ทางลอดโดยใช้พีแอลซี (Programmable Logic Controller, PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมและประมวลผลการทำงาน การส่งข้อมูลไร้สายระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเอดีเอสแอล (Asymmetric Digital Subscribers Line, ADSL) เพื่อนำข้อมูลมาแสดงผลที่หน้าจอสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจร

คำสำคัญ: สกาด้า, พีแอลซี, เอดีเอสแอล

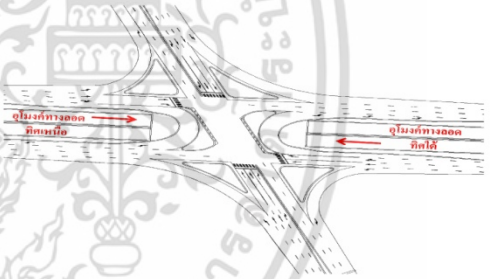
Abstract

This thesis presents SCADA system (Supervisory Control And Data Acquisition) which used in crossing tunnel for control, monitor and protect the tunnel flooding because of nearby tunnel always have water flowing. Therefore A Smart SCADA System for Intersection Tunnel used to prevent and avoid any quickly damage in tunnel. Although distance between a traffic control center and crossing tunnel quite far but user can control and monitor system via PLC (Programmable Logic Controller) which processed by programming. The data from crossing tunnel will show on screen at the traffic control center via internet ADSL (Asymmetric Digital Subscribers Line).

Keywords: SCADA, PLC, ADSL

1. บทนำ

ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดได้ถูกออกแบบนำมาใช้ควบคุมและตรวจสอบสถานะการทำงานของอุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจรดังแสดงในรูปที่ 1 เนื่องจากลักษณะพื้นที่ด้านใต้อุโมงค์ทางลอด มีทางน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ต้องมีระบบการสูบน้ำออกจากอุโมงค์ทางลอดอัตโนมัติ และมีสัญญาณเตือนภัยไปแสดงผลหน้าจอสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจรในกรณีที่เกิดเหตุขัดข้องเพื่อเตรียมการป้องกันได้อย่างทันที



รูปที่ 1 อุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจร

ระบบการทำงานของอุโมงค์ทางลอดข้ามแยกจราจรทำงานโดยรับคำสั่งจากพีแอลซี จากนั้นทำการรับและส่งข้อมูลไปแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านหน้าจอสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจรประกอบไปด้วย 4 ระบบ ได้แก่ ปั๊มสูบน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเอทีเอส (Automatic Transfer Switch, ATS) แสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอด ไม้กระดกกั้นทางจราจรและไฟสัญญาณจราจร

ระยะทางจากศูนย์ควบคุมจราจรและอุโมงค์ทางลอดมีระยะไกลอยู่ห่างกันประมาณ 30 กิโลเมตร การเดินสายสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างอุโมงค์ทางลอดและศูนย์ควบคุมจราจรมีค่าใช้จ่ายที่สูง และใช้ระยะเวลาในการติดตั้งนาน ดังนั้นการส่งข้อมูลไร้สายระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเอดีเอสแอลของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตบริษัท ทริปเปิลที (3BB) โดยใช้วีพีเอ็น เราเตอร์ (Virtual Private Network, VPN) ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8

Proceedings of the 8th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2016 (EENET 2016)

หน้าที่ในการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างเครือข่ายทางด้านศูนย์ควบคุมจราจรกับเครือข่ายทางด้านอุโมงค์ทางลอดให้เป็นเครือข่ายเดียวกัน ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายสัญญาณและระยะเวลาในการติดตั้ง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 สกาด้า

สกาด้าเป็นระบบตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลใช้ในการตรวจสอบสถานะตลอดจนถึงควบคุมการทำงานของระบบควบคุมในอุตสาหกรรมและงานวิศวกรรม นอกจากนั้นสกาด้าทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ต่างๆ แล้วแสดงข้อมูลทางหน้าจอหรือส่งสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ โดยสั่งงานผ่านพีแอลซีที่เชื่อมต่ออยู่กับระบบสกาด้า สามารถข้อมูลที่ได้จากระบบควบคุมไว้ในฐานข้อมูล

2.2 พีแอลซี

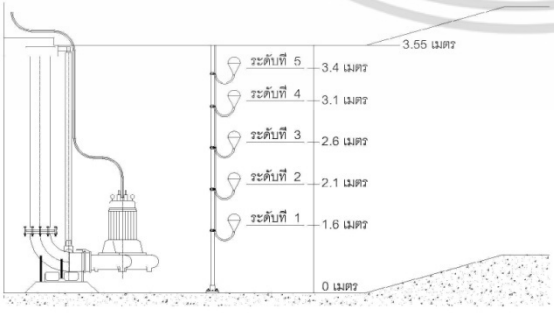
พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการต่างๆ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ เนื่องจากความต้องการอุปกรณ์ควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างหลากหลาย และสามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการได้ง่าย

3. การออกแบบการทดลอง

3.1 การออกแบบการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอด

ระบบการทำงานของอุโมงค์ทางลอดทำงานโดยรับคำสั่งจากพีแอลซีของบริษัท SIEMENS รุ่น S7-1200 ควบคุมการทำงาน 4 ระบบ ได้แก่ ระบบปั๊มสูบน้ำ ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเอทีเอส ระบบแสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอด ระบบไม้กระดกกั้นทางจราจรและไฟสัญญาณจราจร

1. ระบบปั๊มสูบน้ำ ปั๊มสูบน้ำจำนวน 3 ตัวควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซีแบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดคือ โหมดแมนนวลกับโหมดอัตโนมัติ โดยการทำงานในโหมดอัตโนมัติของปั๊มสูบน้ำทำงานตามเงื่อนไขของระดับน้ำมี 5 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปั๊มสูบน้ำและสวิตช์ลูกลอยระดับน้ำ

ระดับที่ 1 ที่ระดับน้ำ 1.60 เมตร ปั๊มทุกตัวหยุดทำงาน

ระดับที่ 2 ที่ระดับน้ำ 2.10 เมตร ปั๊มตัวที่ 1 ทำงาน

ระดับที่ 3 ที่ระดับน้ำ 2.60 เมตร ปั๊มตัวที่ 2 ทำงาน

ระดับที่ 4 ที่ระดับน้ำ 3.10 เมตร ปั๊มตัวที่ 3 ทำงาน

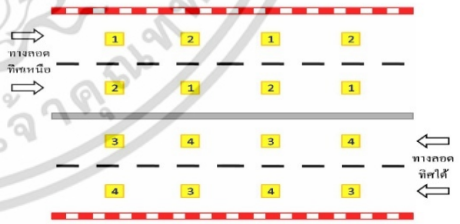
ระดับที่ 5 ที่ระดับน้ำ 3.40 เมตร ไม้กระดกกั้นจราจรทำการปิดถนนและไฟสัญญาณจราจรเปลี่ยนจากลูกศรสีเขียวเป็นรูปกากบาทสีแดง โดยมีสัญญาณโอเวอร์โหลด ความชื้น และสถานะของโฟลว์สวิทช์ตรวจสอบสถานะผิดปกติของปั๊มสูบน้ำ

2. ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าขัดข้องจากนั้นเอทีเอสทำหน้าที่เป็นสวิตช์สลับแหล่งจ่ายจากการไฟฟ้ามาใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอัตโนมัติ การสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีผ่านโปรโตคอลมอดบัส RS-485 เพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเอทีเอส

3. ระบบแสงสว่างใต้อุโมงค์ทางลอดแบ่งการทำงานของโคมแสงสว่างเป็น 4 วงจรดังแสดงในรูปที่ 3 ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซีโดยมีฟังก์ชั่นการทำงานตามช่วงเวลา ดังนี้

ช่วงเวลาตั้งแต่ 6.01 น.ถึง 17.59 น. ระบบแสงสว่างเปิดไฟฟ้าแสงสว่างทั้ง 4 วงจรในทุกๆวัน เพื่อให้แสงสว่างด้านใต้ทางลอดใกล้เคียงกับแสงสว่างด้านนอกทางลอด

ช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น.ถึง 6.00 น. วันคี่ ระบบแสงสว่างเปิดไฟฟ้าแสงสว่างวงจรที่ 1 กับวงจรที่ 3 และช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น. ถึง 6.00 น. วันคู่ ระบบแสงสว่างเปิดไฟฟ้าแสงสว่างวงจรที่ 2 กับวงจรที่ 4 เนื่องจากช่วงเวลา 18.00 น.ถึง 6.00 น. เป็นช่วงเวลากลางคืนระบบแสงสว่างทำงานเพียง 2 วงจรเพียงพอต่อการมองเห็นเส้นทางและเพื่อลดชั่วโมงการทำงานของโคมแสงสว่าง



รูปที่ 3 ตำแหน่งของวงจรแสงสว่าง

4 . ระบบไม้กระดกกั้นทางจราจรและไฟสัญญาณจราจรทิศเหนือและทิศใต้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดคือโหมดแมนนวลกับโหมดอัตโนมัติ การทำงานของโหมดอัตโนมัติระบบทำการเปิดและปิดช่องทางจราจรตามระดับน้ำระดับที่ 5 และระดับที่ 1

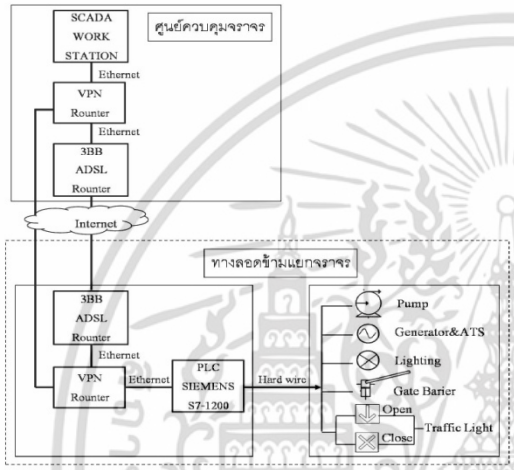
ระดับน้ำที่ 5 ไม้กระดกปิดช่องทางจราจรทิศเหนือและทิศใต้และไฟจราจรลูกศรสีเขียวเปลี่ยนเป็นไฟจราจรกากบาทสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับน้ำที่ 1 ไม้กระดกเปิดช่องทางจราจรทิศเหนือและทิศใต้ และไฟจราจรกากบาทสีแดงเปลี่ยนเป็นไฟจราจรลูกศรสีเขียว

3.2 การออกแบบการสื่อสาร

การออกแบบการสื่อสารของระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดดังแสดงในรูปที่ 4 แสดงการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แสดงผลสกาด้าที่ศูนย์ควบคุมจราจรและอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีที่อุโมงค์ทางลอด

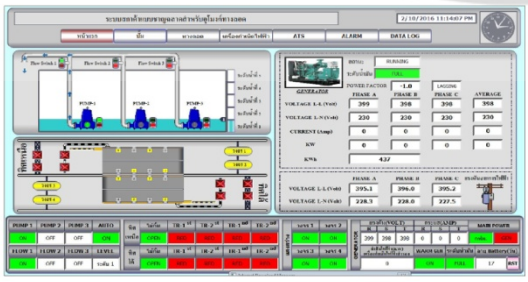


รูปที่ 4 การออกแบบการสื่อสารข้อมูลของระบบสกาด้า

โดยใช้ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเอดีเอสแอลทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตที่ศูนย์ควบคุมจราจรกับระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตที่ทางลอดข้ามแยกจราจรให้เป็นระบบเครือข่ายเดียวกัน

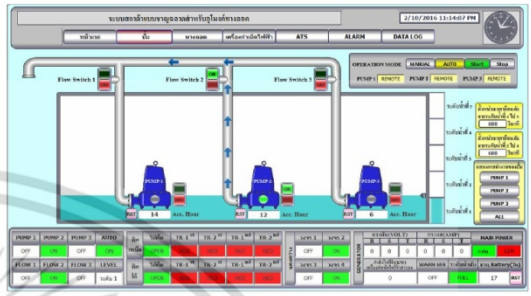
4. ผลการทดลอง

ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดสามารถนำมาแสดงผลและควบคุมการทำงานระบบต่างๆของอุโมงค์ทางลอดที่ศูนย์ควบคุมจราจรโดยใช้ซอร์ฟแวร์สกาด้า TIA Portal V13 ของบริษัท SIEMENS หน้าจอสกาด้าแสดงผลการทำงานดังแสดงในรูปที่ 5-11



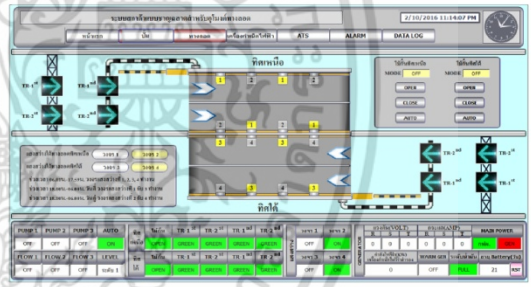
รูปที่ 5 หน้าจอหน้าแรกแสดงผลสถานะการทำงานของทุกระบบ

รูปที่ 5 แสดงผลการทำงานของอุโมงค์ทางลอดของทุกระบบประกอบด้วยระบบปั๊มสูบน้ำ ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเอทีเอสระบบแสงสว่าง ระบบไม้กระดกและไฟจราจร แสดงสถานะการทำงานในรูปแบบของกราฟฟิกตามการทำงานของระบบ



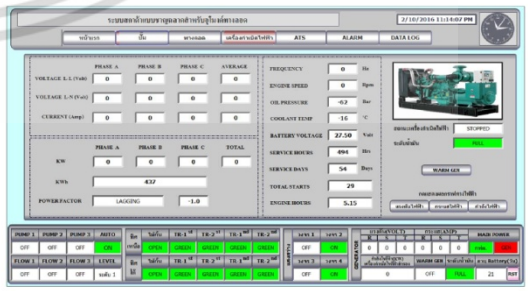
รูปที่ 6 หน้าจอการทำงานของปั๊มสูบน้ำ

รูปที่ 6 แสดงการทำงานและสถานะของระบบปั๊มสูบน้ำ สถานะผิดปกติ สถานะของระดับน้ำทั้ง 5 ระดับ สถานะของโฟลว์สวิตช์และแสดงจำนวนชั่วโมงการทำงานของปั๊มสูบน้ำแต่ละตัว



รูปที่ 7 หน้าจอการทำงานของไม้กระดก ไฟจราจรและระบบแสงสว่าง

รูปที่ 7 แสดงผลและควบคุมการทำงานของไม้กระดกกั้นทางจราจร ไฟสัญญาณจราจรและแสงสว่างใต้ทางลอด



รูปที่ 8 หน้าจอการทำงานและค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

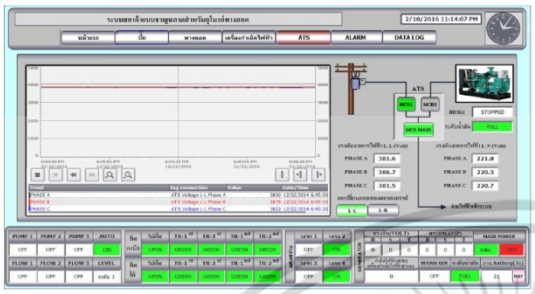
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8

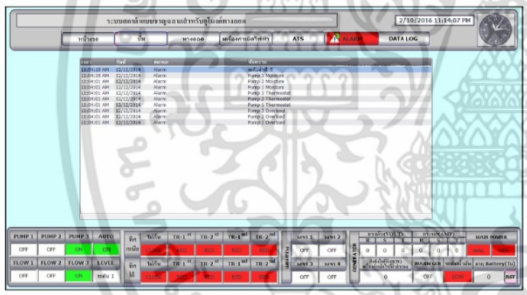
Proceedings of the 8th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2016 (EENET 2016)

รูปที่ 8 แสดงสถานะการทำงานและแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่นค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟา ค่ากำลังไฟฟ้า ความเร็วรอบ แรงดันน้ำมัน อุณหภูมิ เป็นต้น



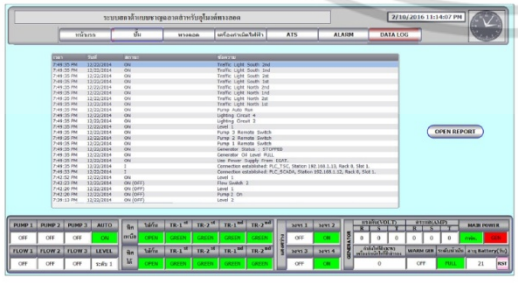
รูปที่ 9 หน้าจอแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเอทีเอส

รูปที่ 9 แสดงสถานะการทำงานของเอทีเอส สถานะการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้าและแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบของกราฟ



รูปที่ 10 หน้าจอของสัญญาณเตือนภัยต่างๆ

รูปที่ 10 แสดงตารางการเตือนภัยต่างๆของระบบอุโมงค์ทางลอด เช่น อาการผิดปกติของปั๊มสูบน้ำ, ระดับน้ำสูงสุดระดับที่ 5, ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าขัดข้อง, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน เป็นต้น



รูปที่ 11 หน้าจอแสดงผลการเก็บบันทึกข้อมูล

รูปที่ 11 แสดงตารางบันทึกการทำงานของระบบทางลอดข้ามแยกจราจรทุกระบบ โดยมีการบันทึกวันที่และเวลาการทำงาน การจัดเก็บข้อมูลของแต่ละระบบจัดเก็บบันทึกเป็นไฟล์เอ็กเซล

5. สรุปผลการทดลอง

ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอดสามารถควบคุมการทำงานของระบบอุโมงค์ทางลอดระยะไกลไร้สายผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ตามเงื่อนไขการทำงานที่ออกแบบไว้ เพื่อป้องกันการเกิดน้ำท่วมอุโมงค์ทางลอดและป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้น การแสดงผลสถานะการทำงานของระบบต่างๆที่หน้าจอสกาด้าได้อย่างถูกต้อง การแจ้งเตือน การเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อเตรียมการแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ข้อดีของระบบคือช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายสัญญาณและลดระยะเวลาในการติดตั้ง ข้อเสียคือการตอบสนองของสัญญาณช้ากว่าระบบที่มีการเดินสายสัญญาณ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำในการทำบทความครั้งนี้ ตลอดจนช่วยตรวจสอบความถูกต้องทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

[1] ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, *ระบบพีแอลซี*, พิมพ์ครั้งที่ 11, กรุงเทพมหานคร, มีนาคม 2551

[2] รศ. สุเธียร เกียรติสุนทร, *พีแอลซีกับระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม*, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, มกราคม 2558

[3] Dennis J. Gaushell and Henry T. Darlington, "Supervisory Control and Data Acquistion," *Proceedings of the IEEE*, vol. 75, pp. 1645-1658, December 1987.

[4] *SIAMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual*, Siemens AG, Nurnberg, 2014.

[5] *SIMATIC STEP 7 Basic V13 SP1 System Manual*, Siemens AG, Nurnberg, 2014.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นาย ชัยชนะ ทิมให้ผล ปัจจุบันศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สนใจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบ SCADA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายชัยชนะ ทิมให้ผล
วัน เดือน ปีเกิด	28 มีนาคม 2531
ที่อยู่	998/222 หมู่ที่ 5 ต.ท้ายบ้านใหม่ อ.เมืองสมุทรปราการ สมุทรปราการ 10270
ประวัติการศึกษา	2553 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	2553 – 2554 Project Engineer, Mechanical & Food Process Engineering Co.,Ltd 2554 – 2559 Senior Service Engineer, Asia Tech Power Control Co.,Ltd

ผลงานทางวิชาการ

1. ชัยชนะ ทิมให้ผลและเชาว์ ชมภูอินไหว "ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด", *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8 (EENET2016)*, P. 41-44, 25-27 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้