ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต : การพิสูจน์และสร้างระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล

FUTURE RENEWABLE CENTER : VERIFICATION AND IMPLEMENTATION OF CONTROL AND MONITORING SYSTEM

โดย

ณรงค์ชัย ทองนาค

ณริศร์ เกิดสมจิต

ณัฐกานต์ เชียงฉิน

ณัฐพงศ์ วุฒิวงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต : การพิสูจน์และสร้างระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล
FUTURE RENEWABLE CENTER : VERIFICATION AND IMPLEMENTATION OF CONTROL AND MONITORING SYSTEM

โดย

ณรงค์ชัย ทองนาค
ณริศร์ เกิดสมจิต
ณัฐกานต์ เซี่ยงฉิน
ณัฐพงศ์ วุฒิวงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUTURE RENEWABLE CENTER : VERIFICATION AND IMPLEMENTATION OF CONTROL AND MONITORING SYSTEM

NARONGCHAI THONGNAK
NARIS KERDSOMJIT
NATTAKARN SIANGCHIN
NATTAPONG WUTTIVONG

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULEILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2556

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต : การพิสูจน์และสร้างระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล

FUTURE RENEWABLE CENTER : VERIFICATION AND IMPLEMENTATION OF CONTROL AND MONITORING SYSTEM

โดย

ณรงค์ชัย ทองนาค

ณริศร์ เกิดสมจิต

ณัฐกานต์ เซี่ยงฉิน

ณัฐพงศ์ วุฒิวงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต:การพิสูจน์และสร้างระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล

ผู้จัดทำ

1. นาย ณรงค์ชัย ทองนาค
2. นาย ณริศร์ เกิดสมจิต
3. นาย ณัฐกานต์ เซี่ยงฉิน
4. นาย ณัฐพงศ์ วุฒิวงษ์

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต : การพิสูจน์และสร้างระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล

นาย ณรงค์ชัย ทองนาค
นาย ณริศร์ เกิดสมจิต
นาย ณัฐกานต์ เชี่ยงฉิน
นาย ณัฐพงศ์ วุฒิวงษ์
ผศ.ดร. ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเรื่องการออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผลของของระบบไฟฟ้าในโครงการ Future Renewable Center ซึ่งมีวัตถุประสงค์การออกแบบ เพื่อที่จะทำการจัดการพลังงานในโครงการ ติดตามผล และบันทึกค่าปริมาณต่างๆ เช่น ปริมาณต่างๆทางไฟฟ้า ความเร็วลม ความเข้มแสง เป็นต้น ในระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล Programmable logic controller (PLC) ถูกใช้เป็นส่วนประมวลผล รวมถึงใช้โปรแกรม Visual Basic 2010 และ MX-component ในการออกแบบส่วนที่แสดงผลและสื่อสารระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUTURE RENEWABLE CENTER: VERIFICATION AND IMPLEMENTATION OF CONTROL AND MONITORING SYSTEM

Mr. NARONGCHAI THONGNAK
Mr. NARIS KERDSOMJIT
Mr. NATTAKARN SIANGCHIN
Mr. NATTAPONG WUTTIVONG
Asst.Prof.Dr. CHAI CHOMPOO-INWAI Supervisor
Year 2013

ABSTRACT

In this thesis, the designing of controlling and monitoring system for Future Renewable Center is presented. The purposes of designing are energy management, monitoring and logging measured values such as electrical quantities, wind velocity, Illuminance *etc.* Programmable logic controller (PLC) is used for processing. Visual Basic 2010 and MX-component is used for display designing and communication between PLC and computer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยการช่วยจากหลายท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษาให้ข้อแนะนาและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทาโครงงานด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณพี่ๆในห้อง Illumination ที่ให้คำปรึกษาการทำโครงงานและช่วยสอนการใช้งานโปรแกรม Microsoft Visual Basic 2010

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวซึ่งให้ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนทุกๆเรื่องสามารถทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอให้คุณประโยชน์อันใดที่สามารถพึงเกิดขึ้นได้ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ส่งผลกลับไปถึงผู้มีพระคุณทุกๆท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของSCADA	4
2.1.1 ความหมายของ SCADA	4
2.1.2 โครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์	4
2.1.3 โครงสร้างด้านซอร์ฟแวร์	5
2.1.4 โครงสร้างด้านการสื่อสาร	6
2.1.5 โครงสร้างอินเทอร์เฟส	6
2.1.6 โครงสร้างความสามารถในการขยายระบบ	7
2.1.7 โครงสร้างการสำรองระบบ	7
2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับ PLC	6
2.2.1 โครงสร้างการสำรองระบบ	7
2.2.2 ชนิดของ PLC	8
2.2.3 โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC	9
2.2.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ตามมาตรฐาน IEC 1131-3	10
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับโปรแกรมที่ใช้งาน	17
2.3.1 Visual Basic 2010	17
2.3.2 โปรแกรม Gx Developer	23
2.3.3 โปรแกรม MX-Component	23
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการติดต่อสื่อสาร	23
2.4.1 RS-485	24
2.4.2 โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารใน RS485	25
2.4.3 โปรโตคอล Modbus	25
2.4.4 ขอมูลทางเทคนิคเบื้องตน	26
2.4.5 โหมดการรับสงขอมูลอนุกรม	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.6 การติดตอสื่อสารแบบ Master-Slave	27
2.4.7 ความแตกตางระหวาง MODBUS ASCII และ RTU	27
2.4.8 โปรโตคอล HART	30
2.5 ส่วนของฐานข้อมูล	30
2.5.1 ฐานข้อมูล Microsoft access	30
2.5.2 ฐานข้อมูลที่สร้างจากใน Visual Basic	31
2.5.3 ฐานข้อมูล My SQL	32
บทที่ 3 ขอมูลทางเทคนิคเบื้องตน	33
3.1 ขั้นตอนการสร้างระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล	33
3.2 โครงสร้างระบบไฟฟ้าของศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต	33
3.3 โครงสร้างการเชื่อมต่อระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล	34
3.4 การเลือกส่วนประกอบของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)	34
3.4.1 การเลือกดิจิตอลเอาท์พุทโมดูล	34
3.4.2 การเลือกดิจิตอลอินพุทโมดูล	35
3.4.3 การเลือกอนาลอกอินพุทโมดูล	35
3.4.4 การเลือกอินเทอร์เฟสโมดูล	36
3.4.5 การเลือกซีพียูโมดูล	36
3.4.6 การเลือกส่วนฐาน	37
3.4.7 การเลือกพาวเวอร์ซัพพลายโมดูล	37
3.4.8 สรุปการเลือกส่วนประกอบของ PLC	38
3.5 การออกแบบโปรแกรม	39
3.5.1 การจัดการข้อมูล	39
3.5.2 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมควบคุมและเฝ้าติดตาม	40
3.5.3 การออกแบบระบบการจำกัดผู้ใช้งาน	40
3.5.4 การออกแบบหน้าจอเบื้องต้น	40
3.5.5 การออกแบบระบบการแจ้งเตือน	46
3.5.6 การออกแบบหน้าจอส่วนควบคุม	46
3.5.7 การออกแบบส่วนการจัดเก็บข้อมูล	47
3.5.8 การออกแบบส่วนแสดงผลข้อมูลในรูปแบบตาราง	47
3.5.9 การออกแบบส่วนแสดงผลในรูปแบบกราฟ	47
3.6 อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	49
3.6.1 พาวเวอร์มิเตอร์ AC	49
3.6.2 พาวเวอร์มิเตอร์ DC	49
3.6.3 เซนเซอร์วัดความเข้มแสงอาทิตย์	50
3.6.4 เซนเซอร์วัดความเร็วลมและทิศทางลม	51
3.6.5 เซนเซอร์วัดความชื้น	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.7 หลักการควบคุมการเปิดหรือปิดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์	52
บทที่ 4 ผลการทำงานของโปรแกรม	54
4.1 การทำงานของระบบโดยรวม	54
4.2 การทำงานของระบบควบคุมของโปรแกรม	54
4.3 การทำงานของระบบ Alarm ของโปรแกรม	59
4.4 การทำงานของระบบ Trend ของโปรแกรม	63
4.5 การทำงานของระบบ Report ของโปรแกรม	64
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุป	68
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	68
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา	68
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก	72
ภาคผนวก ก พื้นฐานการเขียน CODE	73
ภาคผนวก ข ข้อมูลอุปกรณ์ Cube 400	81
ภาคผนวก ค ข้อมูลอุปกรณ์ AcuDC 240	84
ภาคผนวก ง ข้อมูลอุปกรณ์ LP02	89
ภาคผนวก จ ข้อมูลอุปกรณ์ SK-7790-00	91
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลอุปกรณ์ TRH-3200	93
ภาคผนวก ช ตารางข้อมูลของอุปกรณ์ PLC	95
ภาคผนวก ซ บทความทางวิชาการ	101
ประวัติผู้เขียน	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างแบบฮาร์ดแวร์ของระบบ SCADA	5
2.2	โครงสร้างด้านซอร์ฟแวร์ (Software Architecture)	5
2.3	PLC ชนิดบล็อก (Block Type PLCs)	9
2.4	ชนิดของ PLC ชนิดโมดูล	10
2.5	ชนิดของ PLC ชนิดโมดูล ที่ใช้คอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อ	10
2.6	ชนิดของ PLC ชนิดโมดูล ที่ใช้ Backplane ในการเชื่อมต่อ	11
2.7	ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC	12
2.8	อุปกรณ์อินพุตต่างๆ	14
2.9	กลุ่มอุปกรณ์ที่ต่อกับภาคเอาต์พุต PLC	14
2.10	LD (Ladder diagram)	15
2.11	FBD (Function block diagram)	16
2.12	IL (Instruction list)	16
2.13	ST (Structure text)	16
2.14	SFC (Sequential function chart)	17
2.15	หน้าต่าง Visual Basic 2010	18
2.16	หน้าต่าง Toolbox	18
2.17	หน้าต่าง Solution Explorer	19
2.18	หน้าต่าง Properties Window	19
2.19	หน้าต่าง Form	20
2.20	เครื่องมือ Text Box	20
2.21	เครื่องมือ Picture Box	21
2.22	เครื่องมือ Chart	21
2.23	เครื่องมือ Timer	22
2.24	เครื่องมือ ComboBox	22
2.25	ตัวอย่างโปรแกรม Gx Developer	23
2.26	ตัวอย่างผลหน้าจอของโปรแกรม VBScript	24
2.27	อินเตอร์เฟซ ของ RS-485	25
2.28	การเชื่อมต่อ RS-485 ระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ	25
2.29	การรับสงขอมูลอนุกรมดวยโปรโตคอล MODBUS	26
2.30	การติดตอสื่อสารแบบ Master-Slave	27
2.31	ลักษณะเฟรมขอมูลของ MODBUS RTU	27
2.32	ลักษณะขอมูลแตละไบตของ MODBUS RTU	28
2.33	ลักษณะเฟรมขอมูลของ MODBUS ASCII	29
2.34	ลักษณะขอมูลแตละไบตของ MODBUS ASCII	29
2.35	รูปแบบการเชื่อมต่อโปรโตคอล HART	30
2.36	ฐานข้อมูลจาก Microsoft access	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.37 ฐานข้อมูล Local Database	31
2.38 การสร้างฐานข้อมูล My SQL ด้วยด้วยโปรแกรมชนิดหนึ่ง	32
3.1 โครงสร้างแนวคิดของระบบไฟฟ้าของศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต	27
3.2 โครงสร้างการเชื่อมต่อระบบควบคุมและเฝ้าติดตาม	29
3.3 แบบแผนของการจัดการข้อมูล	39
3.4 หน้าจอระบบไฟฟ้าโดยรวม	41
3.5 หน้าจอแสดงผลในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม	42
3.6 หน้าจอแสดงผลในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 1	42
3.7 หน้าจอแสดงผลในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 2	43
3.8 หน้าจอแสดงผลในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 3	44
3.9 หน้าจอแสดงผลในส่วนของแหล่งเก็บพลังงาน	44
3.10 หน้าจอแสดงผลในส่วนของภาระไฟฟ้า	45
3.11 หน้าจอแสดงผลในส่วนไฟฟ้าจากการไฟฟ้า	45
3.12 โฟลวชาร์ทของระบบการแจ้งเตือน	46
3.13 โฟลวชาร์ทของส่วนการควบคุม	48
3.14 พาวเวอร์มิเตอร์ AC	49
3.15 พาวเวอร์มิเตอร์ DC	50
3.16 เซนเซอร์วัดความเข้มแสงอาทิตย์	50
3.17 เซนเซอร์วัดความเร็วลมและทิศทางลม	51
3.18 เซนเซอร์วัดความชื้น	51
3.19 การทำงานควบคุมการเปิดหรือปิดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์	52
3.20 Coupling Relays ที่แรงดันต่างๆ	53
3.21 ชนิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ช่วงกระแสต่าง	53
4.1 หน้าจอแสดงผลในส่วนของการล๊อกอิน	54
4.2 หน้าจอแสดงผลเมื่อล๊อกอินเข้ามาแล้ว	55
4.3 หน้าจอ Setting ในส่วนของการควบคุม	55
4.4 หน้าจอ Setting ในส่วนการควบคุมเลือก ON หรือ OFF	56
4.5 หน้าจอ Setting ในส่วนการควบคุมเมื่อเลือก ON	56
4.6 หน้าจอ MEA เมื่อ CB01 ปิดวงจร	57
4.7 หน้าจอ Setting ในส่วนควบคุมในโหมด Auto	58
4.8 หน้าจอ MEA ในโหมด Auto	58
4.9 หน้าจอ Setting ในส่วนการควบคุมโหมด Local	58
4.10 หน้าจอ MEA ในโหมด Local	59
4.11 สถานะปกติของแบตเตอรี่	60
4.12 เหตุการณ์เมื่อเกิดการ Alarm	60
4.13 เหตุการณ์เมื่อระดับพลังงานสูงกว่า 50% หลังการ Alarm	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.14 หน้าจอแสดงตารางการเกิดเหตุการณ์	61
4.15 ตารางการเกิด Alarm แบบระบุวันที่	62
4.16 แสดงตารางการเกิด Alarm ทั้งหมด	62
4.17 แสดงการนำข้อมูลออกไปยังโปรแกรม Excel	63
4.18 ปุ่มกดเข้าหน้าพล๊อตกราฟ	63
4.19 การเลือกวันที่ต้องการพล๊อตกราฟ	64
4.20 รูปกราฟเปอร์เซ็นต์ระดับพลังงานของแบตเตอรี่	64
4.21 ปุ่มกดเข้าหน้า Report	65
4.22 การเลือกวันและโซนที่ต้องการ	65
4.23 ตารางค่าเปอร์เซ็นต์ระดับพลังงานที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่	66
4.24 การนำค่าส่งออกไปยังโปรแกรม Excel	66
4.25 ค่าที่ส่งออกไปยังโปรแกรม Excel	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงาน	3
2.1	ข้อดีข้อเสียของ PLC แบบ Block Type	9
2.2	การข้อดี ข้อเสียของ PLC ชนิดโมดูล	11
3.1	ตารางสำหรับเลือกดิจิตอลเอาท์พุทโมดูล	35
3.2	ตารางสำหรับเลือกดิจิตอลอินพุทโมดูล	35
3.3	ตารางสำหรับเลือกอนาลอกอินพุต	36
3.4	ตารางสำหรับเลือกอินเทอร์เฟสโมดูล	36
3.5	ตารางสำหรับเลือกซีพียูโมดูล	37
3.6	ตารางสำหรับเลือกส่วนฐาน	37
3.7	ตารางสำหรับเลือกพาวเวอร์ซัพพลายโมดูล	38
3.8	ตารางสำหรับพิจารณาการใช้งานซีพียูโมดูลพาวเวอร์ซัพพลายโมดูลและส่วนฐานร่วมกัน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันน้ำมันในตลาดโลกมีราคาแพง และประเทศไทยต้องเสียเงินเป็นจำนวนมากในการนำเข้าเชื้อเพลิง ประกอบกับอัตราการใช้เชื้อเพลิงของประเทศไทยโดยเฉพาะน้ำมันมีอัตราเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความต้องการพลังงานมากขึ้น และประเทศไทยมีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น จึงได้มีการคิดนำพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งแหล่งที่มาของพลังงานไฟฟ้าก็ได้มาจากพลังงานเชื้อเพลิงต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดดังนั้นพลังงานทดแทนเป็นสิ่งที่จำเป็นในอนาคตต่อไป

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยได้หันมาให้ความสำคัญเรื่องพลังงานและให้ความสนใจในการจัดการพลังงานทดแทนมากขึ้นเพื่อทดแทนการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้องซื้อหาจากต่างประเทศที่มีราคาแพงขึ้นกระทรวงพลังงานจึงได้กำหนดกลยุทธ์การส่งเสริมพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตพลังงานทดแทนต่าง ๆ ขึ้นมาและมีการพัฒนาการจัดการการใช้ระบบที่ทันสมัยสะดวกสบายง่ายต่อการควบคุมดูแลรวมไปถึงระบบป้องกันที่ปลอดภัยในการสนับสนุนพัฒนาให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์ความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศเทคโนโลยีการควบคุมและเฝ้าติดตามจึงเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีความสำคัญและได้รับความนิยม

อย่างไรก็ตามเพื่อที่จะช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงที่มีอย่างจำกัดและการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพโครงการ “Future Renewable Center” จึงเป็นต้นแบบพลังงานทดแทนซึ่งจะนำพลังงานจากแสงอาทิตย์และลมมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าซึ่งการผลิตจำเป็นต้องมีการควบคุมและการเฝ้าติดตามผลของการผลิตไฟฟ้ารวมถึงการใช้งานของโหลดจึงได้มีการสร้างระบบ SCADA ขึ้นมาเพื่อใช้ในการแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆเช่นกระแสไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า Power Factor ค่าการใช้งานของโหลดเป็นต้นและเราสามารถสั่งการควบคุมให้ตัดต่อสวิตช์เพื่อให้อุปกรณ์หยุดทำงานโดยระบบ SCADA จะช่วยให้เราเห็นภาพรวมของการใช้พลังงานระบบและสามารถควบคุมระบบได้ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ทำให้ประหยัดแรงงาน สะดวก ปลอดภัย และช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพิ่มความสะดวกในการควบคุมระบบไฟฟ้าภายในโครงการ Future Renewable Center
2. สามารถแสดงผลข้อมูลและบันทึกค่าข้อมูลต่าง ๆ ของโครงการ Future Renewable Center ซึ่งข้อมูลที่ได้มาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานวิจัยอื่น ๆ ต่อไปได้
3. สามารถติดตามข้อมูลให้เป็นไปอย่างถูกต้องและรวดเร็ว
4. เพิ่มความน่าเชื่อถือในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบระบบ
5. ลดการใช้กำลังคนในการจัดเก็บข้อมูลของโครงการ Future Renewable Center
6. อำนวยความสะดวกในเรื่องของการออกแบบ ให้กับผู้ที่จะรับผิดชอบงานออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตามของโครงการ Future Renewable Center ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการการควบคุมและเฝ้าติดตามผลของระบบไฟฟ้า
2. ออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตามในเบื้องต้น
3. สร้างโปรแกรมสำหรับควบคุมและเฝ้าติดตามระบบไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม Visual Basic 2010 ในการสร้าง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. นำเสนอแนวคิดโครงงาน
2. ค้นคว้าหาข้อมูลศึกษาทฤษฎีและหลักการของการควบคุมและเฝ้าติดตามผล
3. ออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตาม
4. ออกแบบและสร้างโปรแกรมควบคุมและเฝ้าติดตามระบบไฟฟ้า โดยใช้ Visual Basic 2010
5. ทดสอบโปรแกรม
6. สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดสอบ
7. จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล
2. โปรแกรมที่สร้างมีความสามารถที่โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมและเฝ้าติดตามผลพึงมี และสามารถแสดงผลขณะทำการทดสอบได้อย่างถูกต้อง
3. โปรแกรมที่สร้างและปริญญานิพนธ์เป็นประโยชน์กับผู้ที่จะรับผิดชอบงานออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตามของโครงการ Future Renewable Center ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี 2556							ปี 2557		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. นำเสนอแนวคิดโครงงาน										
2. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและหลักการ										
3. ออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตาม										
4. ออกแบบและสร้างโปรแกรม										
5. ทดสอบโปรแกรม										
6. สรุปและ วิเคราะห์ผลทดสอบ										
7. จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์										

คือ แผนการดำเนินงาน **คือ ดำเนินงานจริง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี SCADA

2.1.1 ความหมายของ SCADA

คำว่า SCADA นั้น ย่อมาจากคำว่า Supervisory Control And Data Acquisition หมายถึง การควบคุมกำกับดูแลและเก็บข้อมูล ในยุโรปเรียก Human - Machine Interface (HMI) SCADA เกิดขึ้นมาจากความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการควบคุมระบบที่ PLC ควบคุมอยู่ โดย SCADA จะนำข้อมูลมาจาก PLC ผ่านโครงข่ายการสื่อสารในรูปแบบต่าง ๆ แล้วทำการรวบรวมข้อมูลเข้าด้วยกัน และนำไปสั่งการต่อไป SCADA จึงเป็นตัวประสานในการสื่อสารระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักร สามารถเฝ้าติดตามผลและควบคุมจากจอภาพ (monitor) ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เป็นระบบการควบคุมอุตสาหกรรมอีกประเภทหนึ่ง ที่คอยตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Real - Time ใช้ในการตรวจสอบสถานะ เพื่อรักษาความปลอดภัยของระบบ ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมโดยอัตโนมัติ หรือควบคุมโดยผ่านการตัดสินใจจากผู้ดูแล หรือทั้งสองอย่างพร้อมกัน สามารถควบคุมการทำงานได้ในระยะไกลในอุตสาหกรรมและงานวิศวกรรมต่าง ๆ เช่น งานด้านการสื่อสาร การจัดการด้านพลังงาน การประปา การบำบัดน้ำเสีย การจัดการด้านพลังงาน อุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันและก๊าซ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ การขนส่ง กระบวนการนิวเคลียร์ในโรงไฟฟ้า เป็นต้น

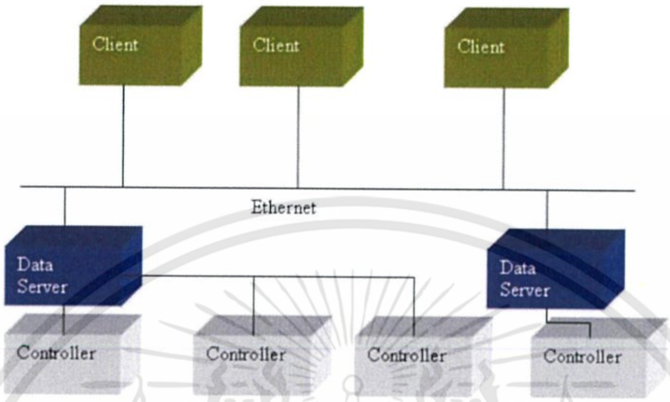
นอกจากนั้น SCADA ทำงานในลักษณะเป็นศูนย์กลางควบคุมระบบต่าง ๆ โดยทำการควบคุมผ่านเครือข่ายของการสื่อสาร เช่น ผ่านสายเคเบิ้ล ผ่านโครงข่าย Internet หรือดาวเทียม ทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ เช่น PLC (Programmable Logic Control), Controller, DCS, RTU (Remote Terminal Unit) แล้วแสดงข้อมูลทางหน้าจอ หรือส่งสัญญาณควบคุมฮาร์ดแวร์ดังกล่าว เช่น หากอุณหภูมิของอุปกรณ์สูงเกินพิกัด ให้ทำการปิดอุปกรณ์นั้น เป็นต้น โดยสั่งงานผ่าน PLC หรือ Controller ที่ติดต่ออยู่ แล้วส่งสัญญาณแจ้งเตือนให้พนักงานทราบ โดยส่งข้อมูลเข้าส่วนกลางของระบบ SCADA ทั้งนี้ SCADA สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากระบบควบคุมทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูล เพื่อให้พนักงานหรือโปรแกรมอื่น ๆ สามารถนำไปใช้งานได้ SCADA นั้นเข้าไปมีส่วนในงานควบคุมทั้งเล็กและใหญ่ที่ต้องการแสดงผล แลกเปลี่ยนข้อมูล หรือควบคุมระบบต่าง ๆ จากส่วนกลาง เพื่อการทำงานของระบบรวมที่สัมพันธ์กัน มองเห็นภาพรวมได้อย่างชัดเจนและมีความรวดเร็วต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ระบบ SCADA ในปัจจุบันมีความสามารถในการสื่อสาร ควบคุม และประมวลผลข้อมูลจาก I/O ของอุปกรณ์เช่น PLC, DCS, RTU ได้ถึงระดับที่เกินหนึ่งแสน I/O แล้ว และได้มีการพัฒนาให้มีความสามารถรองรับความต้องการใหม่ ๆ ของผู้ใช้งานอย่างต่อเนื่องตลอดมา

2.1.2 โครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware Architecture)

SCADA แบ่งตามโครงสร้างฮาร์ดแวร์ได้สองระดับคือ Client และ Data Server หรือเรียกสั้น ๆ ว่า Server โดยที่ Client คือคอมพิวเตอร์ที่รับและส่งข้อมูลไปยัง Data Server โดยฝั่ง Client นี้จะแสดงผลการทำงานของระบบควบคุม เช่น แสดงเป็นกราฟิก กราฟแบบต่อเนื่อง หรือระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือต้องการแจ้งเตือน เป็นต้น ฝั่ง Client สามารถสั่งงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

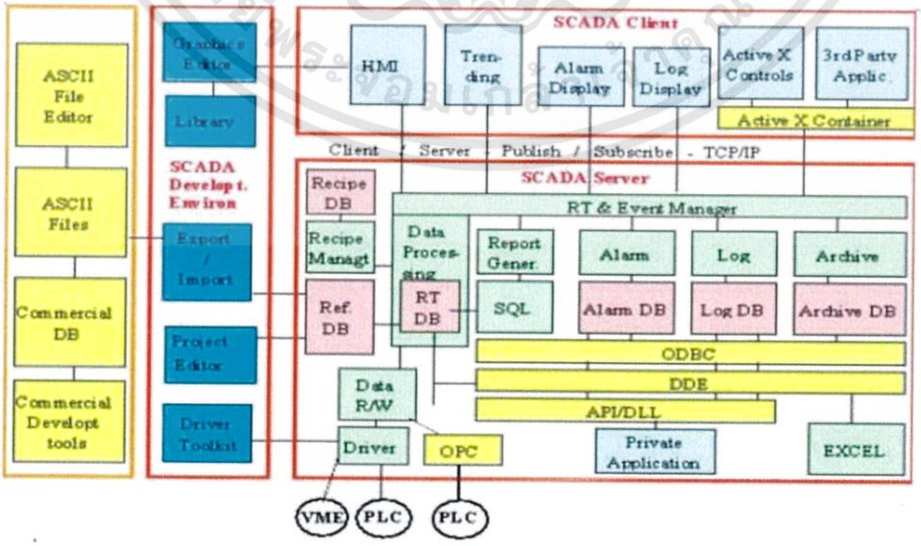
ควบคุมไปยัง Data Server เพื่อส่งสัญญาณไปยัง PLC, DCS หรือ Controller อีกทอดหนึ่ง ส่วน Data Server จะทำหน้าที่ติดต่อกับ PLC, DCS, Controller หรือ RTU ต่าง ๆ เพื่อรับสัญญาณและส่งสัญญาณไปยัง Client และรับการร้องขอจาก Client เพื่อควบคุมอุปกรณ์ PLC และController ต่าง ๆ Client และ Data Server ส่วนใหญ่ติดต่อกันผ่านระบบเครือข่าย Ethernet



รูปที่ 2.1 โครงสร้างแบบฮาร์ดแวร์ของระบบ SCADA [5]

2.1.3 โครงสร้างด้านซอร์ฟแวร์ (Software Architecture)

โครงสร้างด้านซอร์ฟแวร์ของระบบ SCADA นั้นมีข้อที่ต้องทราบคือ SCADA ใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับฮาร์ดแวร์ (เช่น PLC, DCS) ต่าง ๆ กันไปตามผู้ผลิต เช่นการใช้ Driver เฉพาะของผู้ผลิต SCADA เพื่อสื่อสารกับ PLC, DCS เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีการกำหนดมาตรฐานกลางคือ OPC ขึ้นมาเพื่อยุติปัญหาการใช้เทคโนโลยีเฉพาะด้านในการสื่อสาร นอกจากนั้นยังมีความสามารถในการบริการข้อมูลให้กับ Client ที่รวดเร็วและมีเสถียรภาพ โครงสร้างด้านซอร์ฟแวร์ของ SCADA



รูปที่ 2.2 โครงสร้างด้านซอร์ฟแวร์ (Software Architecture) [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะพบว่าในส่วนของ SCADA Server นั้น การติดต่อกับ PLC หรือ Controller นั้น ทำได้ทั้งผ่าน Driver หรือOPC โดยที่ OPC และ Driver สามารถรับคำสั่งแบบ Read / Write เพื่ออ่านข้อมูลจาก PLC หรือ เขียนข้อมูลเพื่อสั่งงานไปยัง PLC ได้

SCADA Server จะทำหน้าที่จัดการข้อมูล RTDB (Real Time Data Base) ที่ได้จาก PLC แล้วส่งให้กับ SCADA Client โดยที่ SCADA Server บางประเภทจะติดต่อกับ SCADA Client ผ่าน DDE Server ซึ่งทำให้สามารถนำเข้าข้อมูลจาก PLC เข้าสู่โปรแกรมเช่น MS Excel หรือโปรแกรม Client อื่น ๆ ที่ติดต่อกับ DDE Server ได้ SCADA บางตัวจะออกแบบให้ SCADA Server ทำหน้าที่ตรวจจับ Alarm และเก็บไว้ใน Alarm DB หรือเก็บข้อมูลที่เป็น Historian ไว้ใน Log DB เป็นต้นเพื่อส่งให้ Alarm Display และ Log Display ทางฝั่ง SCADA Client ต่อไป

สำหรับส่วน Development Environment นั้นจะขึ้นอยู่กับการออกแบบของ SCADA ซอร์ฟแวร์นั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปก็จะมีเครื่องมือในการสร้างและจัดการกราฟิก (Graphic Editor) เครื่องมือในการจัดการโปรเจ็คที่สร้างขึ้นมา (Project Editor) มีเครื่องมือในการนำเข้าและส่งออก Text file ที่เก็บค่าคอนฟิกูเรชั่นของการติดต่อกับ Driver หรือ OPC Serverไว้

2.1.4 โครงสร้างด้านการสื่อสาร (Communications)

การสื่อสารระหว่าง Client - Server จะสื่อสารผ่านโปรโตคอลโดยทั่วไป เช่น TCP/IP โดย Client จะติดต่อกับพารามิเตอร์หรือ Tag ภายใน Server ที่บริการข้อมูลด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามผู้ผลิต เช่นมีการส่งค่าจาก Server เมื่อค่าของ I/O ของ PLC มีการเปลี่ยนแปลงเป็นต้น

การสื่อสารกับอุปกรณ์นั้น Server จะทำการตรวจสอบค่าจากอุปกรณ์ตามช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ (Defined polling rate) โดยอาจจะต่างกันไปตามพารามิเตอร์ประเภทต่าง ๆ โดยตัว Controller จะส่งค่าพารามิเตอร์ตามที่ถูกร้องขอให้กับ Data Server พร้อมค่าเวลาขณะนั้น (Time Stamp) การสื่อสารกับอุปกรณ์ของ Data Server นั้นอาจเป็นการสื่อสารแบบ Modbus, Profibus, CAN bus เป็นต้น ขึ้นอยู่กับมาตรฐานการสื่อสารของอุปกรณ์นั้น ๆ ว่าเป็นแบบใด ในปัจจุบันมีการสร้าง OPC Server ที่สนับสนุนการติดต่อด้วยมาตรฐานต่างๆเพิ่มขึ้นมากมายจนครอบคลุมอุปกรณ์ทุกประเภท และมีการพัฒนาให้ทั่วถึงไปยังอุปกรณ์ใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่อง

2.1.5 โครงสร้างอินเทอร์เฟส (Interface)

การติดต่อระหว่าง Data Server กับอุปกรณ์หรือระหว่าง Data Server และ Data Server และกับ Client นั้น มีการผลิตเป็น Driver ออกมามากมายตามเทคนิคเฉพาะของแต่ละผู้ผลิต ต่อมาจึงมีการกำหนดมาตรฐานของอินเทอร์เฟสขึ้นมาเป็น OPC (OLE for Process Control) ซึ่งมีความรวดเร็วในการสื่อสารและบริการข้อมูลโดยมีการจัดตั้ง OPC Foundation ขึ้นเป็นองค์กรหลักในการกำหนดมาตรฐานและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่สมาชิก OPC จึงเป็นมาตรฐานกลางที่เปิดกว้างมากที่สุด

การติดต่อกับฐานข้อมูลภายนอกของ SCADA Software นั้น มีการสร้างให้สามารถติดต่อได้ผ่าน ODBC (Open Data Base Connectivity), OLEDB (Linking and Embedding Data Base), DDE (Dynamic Data Exchange) เป็นต้น เพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือทำการเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลรูปแบบต่าง ๆ ในปัจจุบันมีการพัฒนาให้สามารถติดต่อกับโปรแกรม ERP ต่าง ๆ เช่น SAP เป็นต้นได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 โครงสร้างความสามารถในการขยายระบบ (Scalability)

Scalability คือความสามารถในการรองรับและต่อขยายระบบ SCADA กับส่วนต่าง ๆ เช่น I/O ของอุปกรณ์ Controller และจำนนเครื่อง SCADA Client ที่เพิ่มขึ้น หรือการต่อพ่วงกับระบบ SCADA ของยี่ห้ออื่น ๆ เป็นต้น ถ้าหากData Server เป็นแบบ Driver ที่สร้างด้วยเทคโนโลยีเฉพาะในการติดต่อกับอุปกรณ์ ก็เป็นเรื่องลำบากในการต่อขยาย เพราะDriver บางประเภทสามารถติดต่อได้เฉพาะ SCADA Software บางยี่ห้อเท่านั้น ปัญหานี้เป็นที่วิพากษ์วิจารณ์กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งปัจจุบันได้หันมาใช้มาตรฐานกลางคือ OPC เพื่อแก้ไขปัญหานี้

2.1.7 โครงสร้างการสำรองระบบ (Redundancy)

SCADA Software ส่วนใหญ่มีความสามารถในการทำสำรองระบบของ Data Server โดยที่เมื่อ Data Server เกิดความขัดข้องก็จะสั่งงานให้ Data Server อีกตัวหนึ่งทำงานแทนที่ โดยจะมีการกำหนดคอนฟิกูเรชั่นไว้ที่ Clientว่าจะให้เลือกติดต่อกับ Data Server ตัวไหนเมื่อเกิดความขัดข้องเกิดขึ้น

ในบางครั้งโมดูลที่ทำหน้าที่จัดการด้าน Redundancy นี้อาจจะทำหน้าที่อีกประการหนึ่งคือเป็นจุดพักข้อมูลที่รับมาจาก Data Server เพื่อนำไปส่งให้กับ Client ต่าง ๆ เพราะในกรณีที่มี Client จำนวนมากติดต่ออยู่กับ Data Server ตัวเดียวนั้นอาจมีความล่าช้าในการบริการข้อมูลของ Data Server เพราะต้องให้บริการข้อมูล Client ให้ครบจำนวนก่อนที่จะไปรับข้อมูลใหม่จากอุปกรณ์มาได้ ดังนั้นโมดูลที่ทำหน้าที่ Redundant จึงทำหน้าที่เป็นจุดรับข้อมูลแล้วช่วยส่งต่อให้ Clientต่างๆ อีกทอดหนึ่ง Data Server จะได้ทำหน้าที่บริการข้อมูลให้แก่โหนดเพียงจุดเดียว จึงมีความรวดเร็วในการบริการข้อมูล

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับ PLC

2.2.1 ความหมายของ PLC

PLC (Programmable Logic Controller) เป็นอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ สามารถจะโปรแกรมควบคุมเชิงตรรกได้ เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) คิดค้นขึ้นมา เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร หรือระบบต่าง ๆ แทนวงจรรีเลย์แบบเก่า เนื่องมาจากความต้องการที่อยากได้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้ง่าย และมีจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า (Hard – Wired) ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง และเมื่อใช้งานไปนาน ๆ หน้าสัมผัสของรีเลย์จะเสื่อมสภาพ แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้น ทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้โซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร ดังนั้นปัจจุบัน PLC จึงเข้ามาทดแทนวงจรรีเลย์ เพราะ PLC ใช้งานได้ง่ายกว่า สามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ I/O ได้โดยตรง หลังจากนั้นโปรแกรมควบคุมก็สามารถใช้งานได้ทันที ถ้าต้องการจะเปลี่ยนเงื่อนไขใหม่ก็สามารถทำได้ โดยเปลี่ยนแปลงโปรแกรมเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้วงจรรีเลย์มีข้อเสีย ดังนี้

1. การเดินสายไฟยุ่งยาก เมื่อใช้รีเลย์เป็นจำนวนมาก

2. การเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของการควบคุมทำได้ยาก เนื่องจากต้องเปลี่ยนการเดินสายไฟใหม่

3. ขณะใช้งานเกิดการเสื่อมสภาพของหน้าสัมผัส หรือมีการอาร์คบริเวณหน้าสัมผัส ทำให้เกิดประกายไฟขึ้น

การใช้ PLC มีข้อดี ดังนี้

1. สามารถแก้ไขข้อผิดพลาดของการควบคุมแบบรีเลย์

2. ประหยัดค่าใช้จ่าย ถ้าใช้ Relay, Timer, Contractor มากกว่า 10 ตัวขึ้นไป

3. นอกจากการควบคุมที่เป็นแบบลอจิกแล้ว PLC ยังสามารถใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์

4. และฟังก์ชั่นอื่นๆได้มากมาย

5. ลดเวลาในการออกแบบวงจรและสะดวกในการแก้ไขวงจร

6. มีขนาดเล็กและเป็นมาตรฐานเมื่อเทียบกับวงจรรีเลย์

7. ไม่พบปัญหาหน้าสัมผัส สายหลุด เหมือนวงจรรีเลย์

8. บำรุงรักษาง่ายข้อแตกต่างระหว่าง PLC กับ COMPUTER

ข้อแตกต่างระหว่าง PLC กับ COMPUTER

1. PLC ถูกออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อให้ทนต่อสภาพแวดล้อมในงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ

2. การโปรแกรมและการใช้งาน PLC ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากเหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป PLC

3. มีระบบการตรวจสอบตัวเอง ช่วงติดตั้งจนถึงช่วงการใช้งานทำให้การบำรุงรักษาทำได้ง่าย

4. PLC ถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการใช้งานสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้การใช้งานสะดวกมากขึ้น ขณะที่วิธีใช้คอมพิวเตอร์ยุ่งยากและซับซ้อนขึ้น

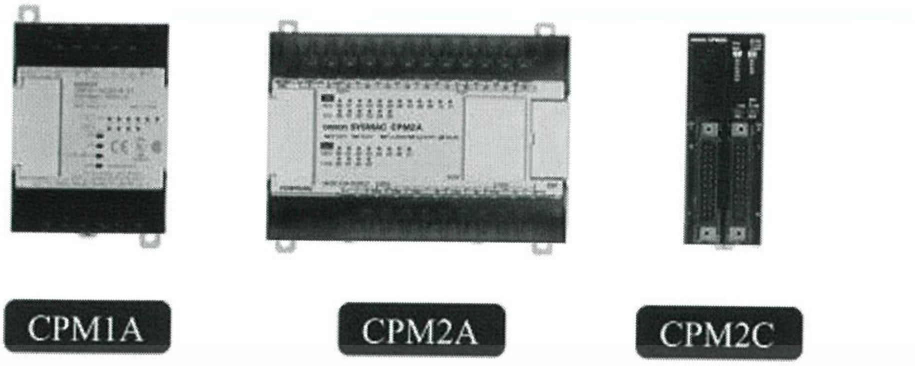
2.2.2 ชนิดของ PLC

แบ่งตามโครงสร้างภายนอกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. PLC ชนิดบล็อก (Block Type PLCs)

PLC ประเภทนี้ จะรวมส่วนประกอบทั้งหมด เช่น ตัวประมวลผล หน่วยความจำภาคอินพุต/เอาต์พุต และแหล่งจ่ายไฟของ PLC อยู่ในบล็อกเดียวกัน สามารถแสดงตัวอย่าง PLC แบบ Block Type ได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 PLC ชนิดบล็อก (Block Type PLCs) [4]

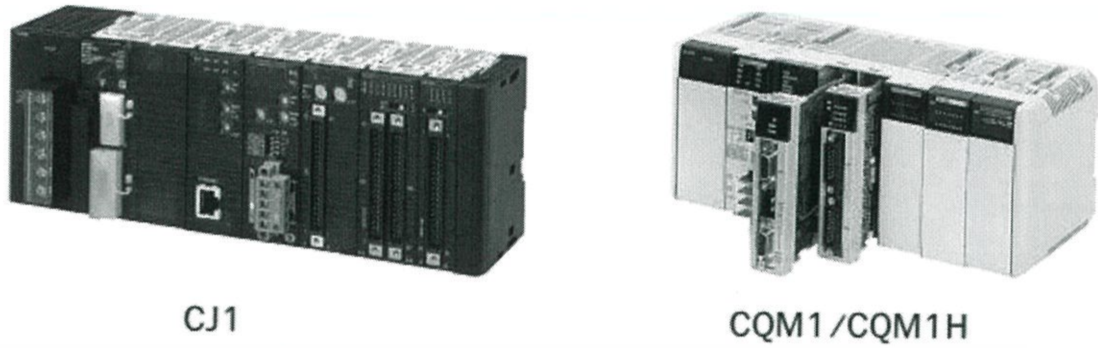
ตารางที่ 2.1 ข้อดีข้อเสียของ PLC แบบ Block Type

ข้อดี	ข้อเสีย
1. มีขนาดเล็กสามารถติดตั้งได้ง่าย เหมาะกับงานควบคุมขนาดเล็กๆ 2. สามารถใช้งานแทนวงจรรีเลย์ได้ 3. มีฟังก์ชันพิเศษ เช่น ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และฟังก์ชันอื่นๆ	1. การเพิ่มจำนวนอินพุต/เอาต์พุตสามารถเพิ่มได้น้อยกว่า PLC ชนิดโมดูล 2. เมื่ออินพุต/เอาต์พุตเสียจุดใดจุดหนึ่งต้องนำ PLC ออกไปทั้งชุดทำให้ระบบต้องหยุดทำงานชั่วระยะเวลาหนึ่ง 3. มีฟังก์ชันให้เลือกใช้งานน้อยกว่า PLC ชนิดโมดูล

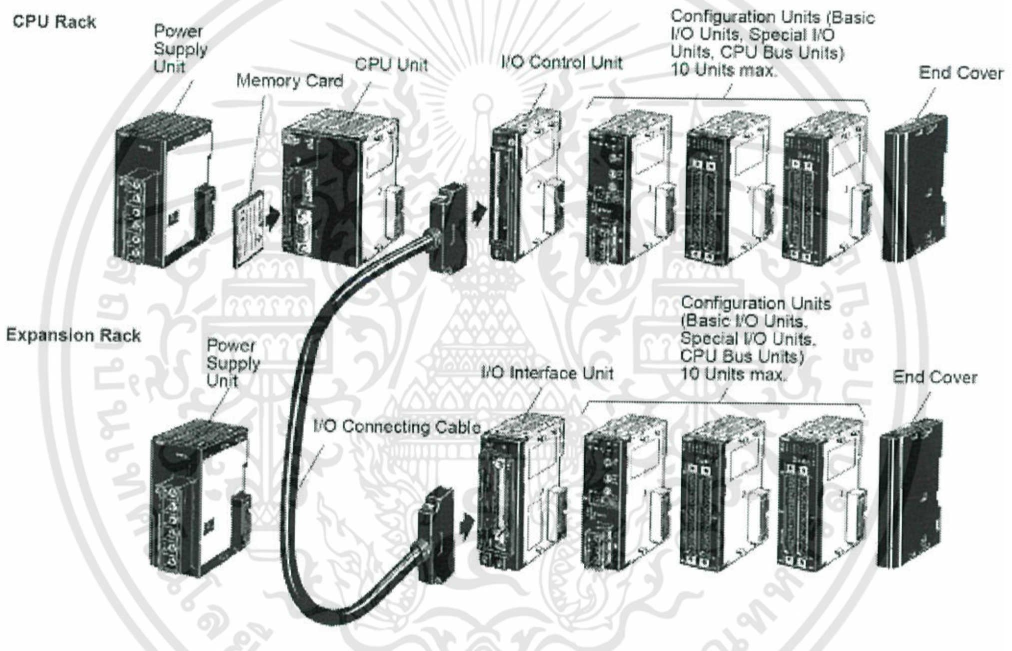
2. PLC ชนิดโมดูล (Modular Type PLCs) หรือแร็ค (Rack Type PLCs)

PLC ชนิดนี้ ส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล (Modules) เช่น ภาคอินพุต/เอาต์พุต จะอยู่ในส่วนของโมดูลอินพุต/เอาต์พุต (Input / Output Units) ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้ว่าจะใช้โมดูลขนาดกี่อินพุต/เอาต์พุต ซึ่งมีให้เลือกใช้งานหลายรูปแบบ อาจจะใช้เป็นอินพุตอย่างเดียวขนาด8/16 จุด หรือ เป็นเอาต์พุตอย่างเดียวขนาด 4/8/12/16 จุด ขึ้นอยู่กับรุ่นของPLC ด้วย ในส่วนของตัวประมวลผลและหน่วยความจำจะรวมอยู่ในซีพียูโมดูล(CPU Unit)เราสามารถเปลี่ยนขนาดของ CPU Unit ให้เหมาะสมตามความต้องการใช้งาน เช่น PLC รุ่น C200HαจะมีCPU ให้เลือกใช้งานหลายรุ่นเช่นรุ่นC200HE-CPU11E จะมีความแตกต่างกับ PLC รุ่น C200HX-CPU65 (ทั้งสองรุ่นเป็นPLC ตระกูลC200Hαเหมือนกัน) ตรงขนาดความจุของโปรแกรม การเพิ่มจำนวนอินพุต/เอาต์พุต เป็นต้น ส่วนประกอบต่างๆของPLC ชนิดโมดูล ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น เมื่อต้องการใช้งาน จะถูกนำมาต่อร่วมกัน บางรุ่นใช้คอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อกันระหว่างยูนิต เช่น รุ่นCQM1/CQM1H หรือCJ1M/H/G แต่บางรุ่นใช้ Backplane ในการรวมยูนิตต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

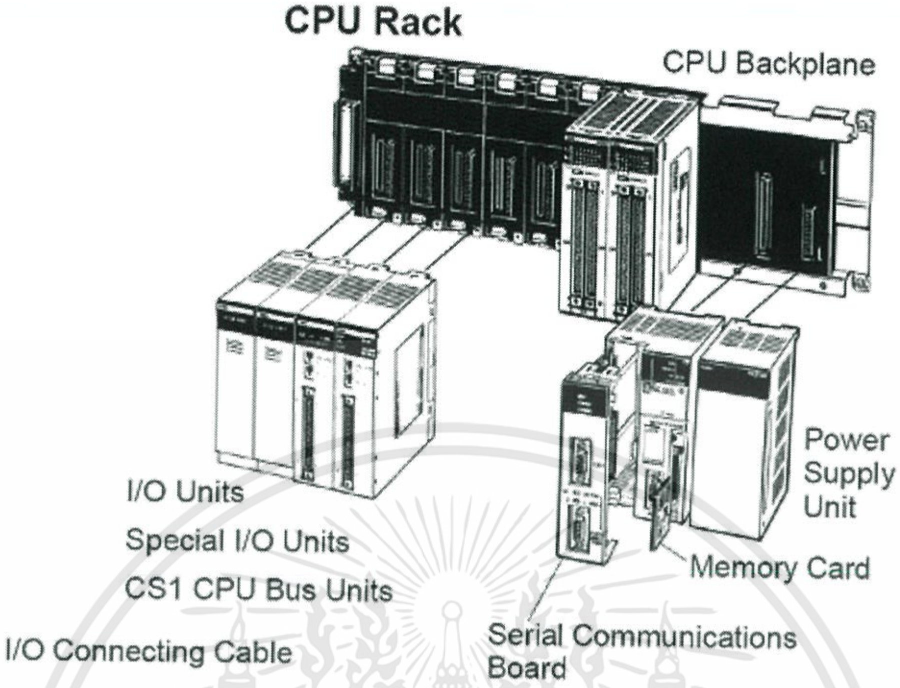


รูปที่ 2.4 ชนิดของ PLC ชนิดโมดูล [4]



รูปที่ 2.5 ชนิดของ PLC ชนิดโมดูล ที่ใช้คอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อ [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



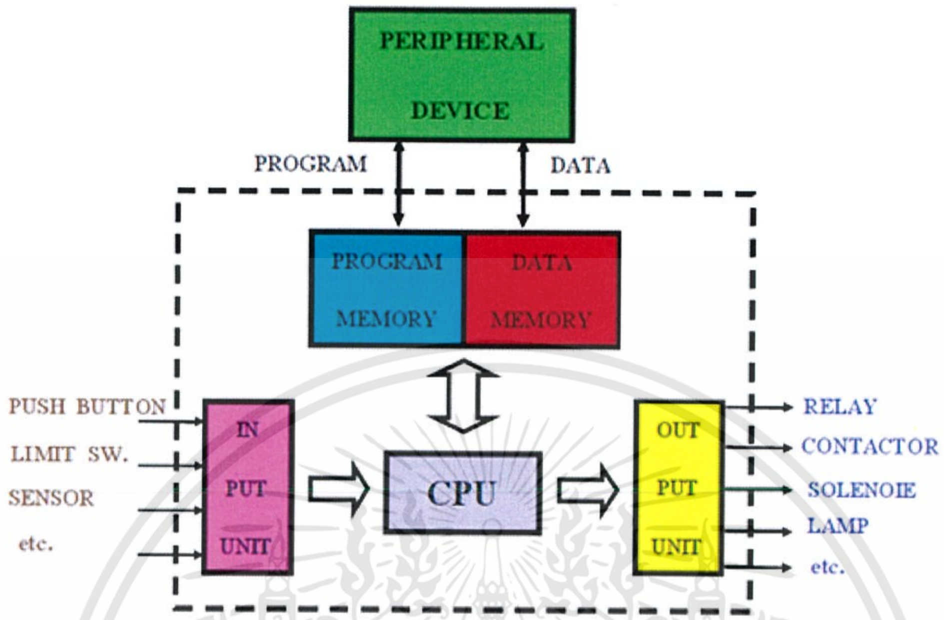
รูปที่ 2.6 ชนิดของ PLC ชนิดโมดูล ที่ใช้ Backplane ในการเชื่อมต่อ [4]

ตารางที่ 2.2 ข้อดี ข้อเสียของ PLC ชนิดโมดูล

ข้อดี	ข้อเสีย
1. เพิ่มขยายระบบได้ง่ายเพียงแค่ติดตั้งโมดูลต่างๆ ที่ต้องการใช้งานลงไปบน Back plane 2. สามารถขยายจำนวนอินพุต/เอาต์พุดได้มากกว่าแบบ Block Type 3. อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตเสียจุดใดจุดหนึ่ง สามารถถอดเฉพาะโมดูลนั้นไปซ่อม ทำให้ระบบสามารถทำการต่อได้ 4. มียูนิต และรูปแบบการติดต่อสื่อสารให้เลือกใช้งานมากกว่าแบบ Block Type	1. ราคาแพงเมื่อเทียบกับ PLC แบบ Block Type

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC



รูปที่ 2.7 ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC [1]

จะมีส่วนประกอบสำคัญด้วยกันทั้งหมด 5 ส่วนดังนี้

1. ตัวประมวลผล (CPU)

ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุทต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุท

2. หน่วยความจำ (Memory Unit)

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และRAM

RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึ่งเหมากับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข โปรแกรมอยู่บ่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

3. ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (Input - Output Unit)

หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป

หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น

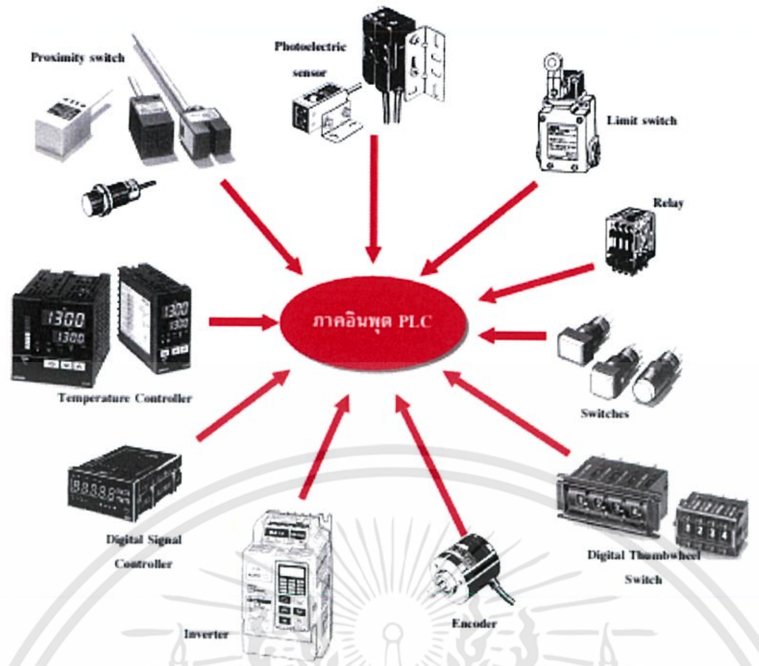
ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (Input - Output Unit) จะต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรับสภาวะและสัญญาณต่างๆ เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณหรือสภาวะแล้วส่งไปยัง CPU เพื่อประมวลผล เมื่อ CPU ประมวลผลแล้วจะส่งให้ส่วนของเอาต์พุต เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้สัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่างๆ จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็น AC หรือ DC เพื่อส่งให้ CPU ดังนั้น สัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้ว CPU จะเสียหายได้

สัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

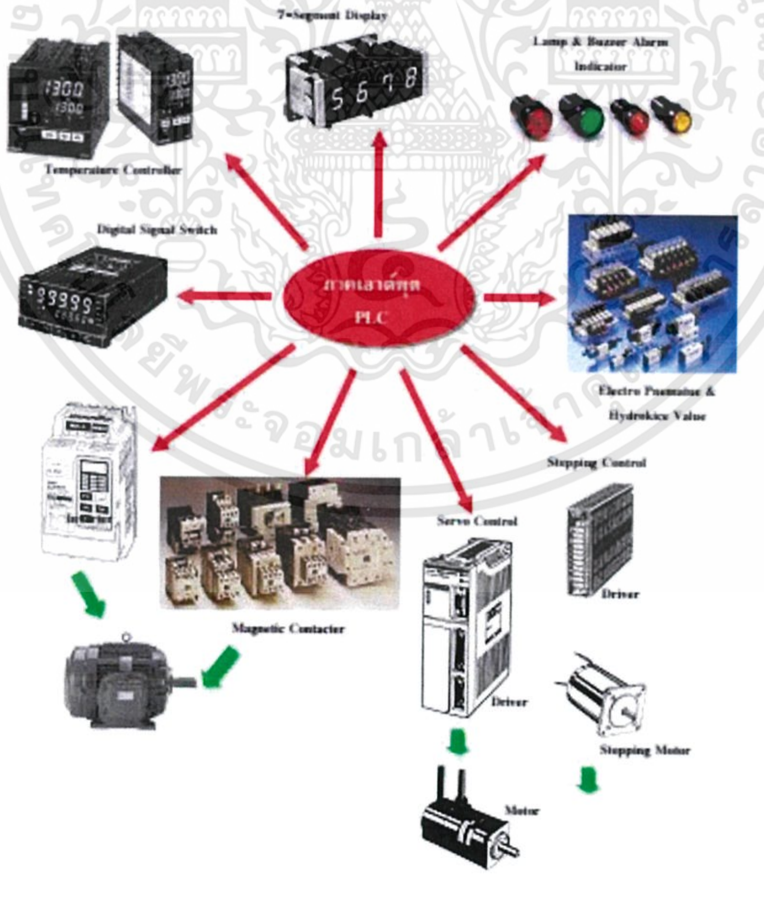
- ทำให้สัญญาณเข้า ได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC
- การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับ CPU จะติดต่อกันด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อต้องการแยกสัญญาณ (isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกัน เป็นการป้องกันไม่ให้ CPU เสียหายเมื่ออินพุตเกิดลัดวงจร
- หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั่นสะเทือน (Contact Chattering)

ในส่วนของเอาต์พุต จะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์การทำงาน เช่น รีเลย์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตนี้จะมีความสามารถขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1 – 2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์ หรือคอนแทคเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 อุปกรณ์อินพุตต่างๆ [4]



รูป 2.9 กลุ่มอุปกรณ์ที่ต่อกับภาคเอาต์พุต PLC [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุท/ เอาท์พุท

5. อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

- Programming Console
- Eprom
- WriterPrinterGraphic
- ProgrammingCrt
- MonitorHandheld
- อื่น ๆ

2.2.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ตามมาตรฐาน IEC 1131-3

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมตามมาตรฐาน IEC 1131-3 กำหนดไว้ 5 ภาษา คือ LD (Ladder diagram), FBD (Function block diagram), IL(Instruction list), ST(Structure text) และ SFC(Sequential function chart) ถึงแม้ว่าลักษณะโครงสร้างของ แต่ละภาษาจะมีความแตกต่างกัน แต่ในแต่ละภาษาจะมีส่วนประกอบต่างๆ ในโปรแกรมมีลักษณะเดียวกันตามมาตรฐาน IEC 1131-3 เช่น ลักษณะการประกาศตัวแปร ฟังก์ชั่น และฟังก์ชันบล็อก เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม เราสามารถที่จะเขียนโปรแกรมโดยนำรูปแบบการเขียนในภาษาต่างๆ มารวมกันได้

1. LD (Ladder diagram)

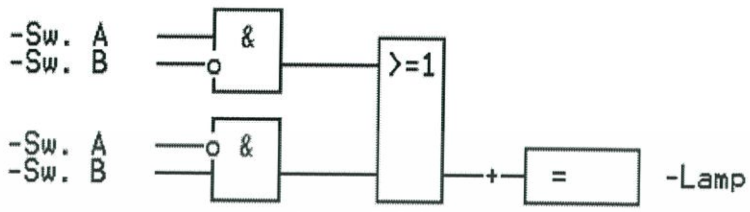
จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของกราฟิก ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์ และวงจรไฟฟ้า ซึ่งแลดเดอร์ ไดอะแกรม จะประกอบด้วย ราง (Rail) ทั้งซ้ายและขวา ของไดอะแกรม เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแส และมีขดลวดหรือคอยล์เป็นเอาท์พุท

รูปที่ 2.10 LD (Ladder diagram) [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. FBD (Function block diagram)

เป็นภาษาที่แสดงฟังก์ชั่น การทำงานในรูปของกราฟิกเช่นเดียวกัน และเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยการเขียนโปรแกรมในรูปของ ฟังก์ชั่นบล็อกไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจาก ลอจิกไดอะแกรม



รูปที่ 2.11 FBD (Function block diagram) [1]

3. IL (Instruction list)

IL จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความ และมีลักษณะคล้ายกับภาษาแอสเซมบลี (Assembly) และภาษาเครื่อง (Machine code) ซึ่งภายในหนึ่งคำสั่งควบคุมจะประกอบด้วย ส่วนปฏิบัติการ (Operator) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operand)

```
:A    -Sw. A
:AN   -Sw. B
:O
:AN   -Sw. A
:A    -Sw. B
:=    -Lamp
```

รูปที่ 2.12 IL (Instruction list) [1]

4. ST (Structure text)

ST จะเป็นภาษาในระดับสูง โดยมีพื้นฐานมาจากภาษา Pascal ซึ่งจะประกอบไปด้วย นิพจน์ และคำสั่ง โดยคำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกทำงาน เช่น IF THEN ELSE เป็นต้น คำสั่งเกี่ยวกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR, WHILE เป็นต้น

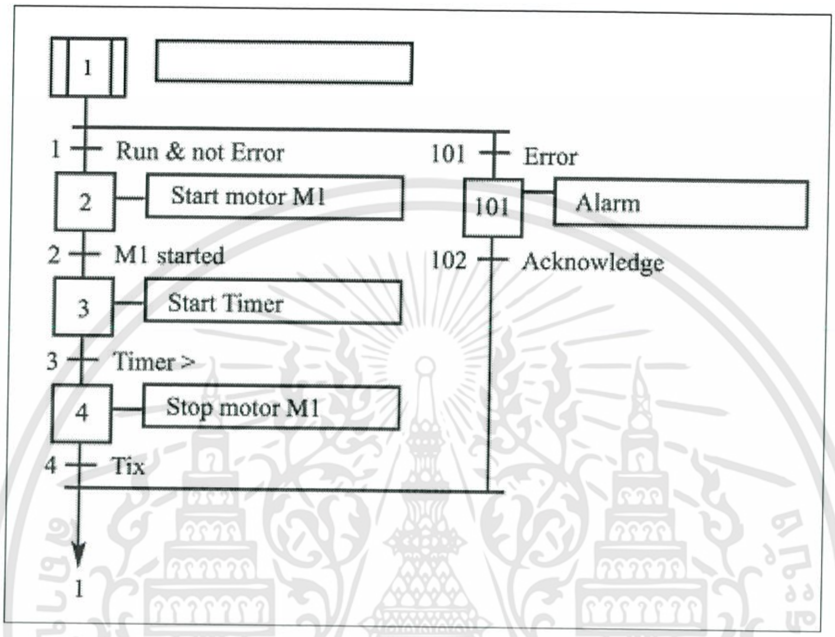
```
D := B*B - 4*A*C ;
IF D < 0.0 THEN Nroots := 0 ;
ELSIF D = 0.0 THEN
        Nroots:=1 ;
        X1 := -B/(2.0*A) ;
ELSE Nroots := 2;
        X1 := (-B+sqrt(D))/(2.0*A) ;
        X2 := (-B-sqrt(D))/(2.0*A) ;
END_IF
```

รูปที่ 2.13 ST (Structure text) [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. SFC (Sequential function chart)

SFC จะเป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบซีเควนซ์ ซึ่งส่วนประกอบของ SFC จะประกอบด้วย Step (คำสั่งในการปฏิบัติการในแต่ละขั้นตอน) และ Transition (เงื่อนไขที่กำหนดให้กระทำคำสั่งในแต่ละ Step) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงาน เช่น Alternative step sequence และ Parallel step sequence เป็นต้น



รูปที่ 2.14 SFC (Sequential function chart) [1]

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับโปรแกรมที่ใช้งาน

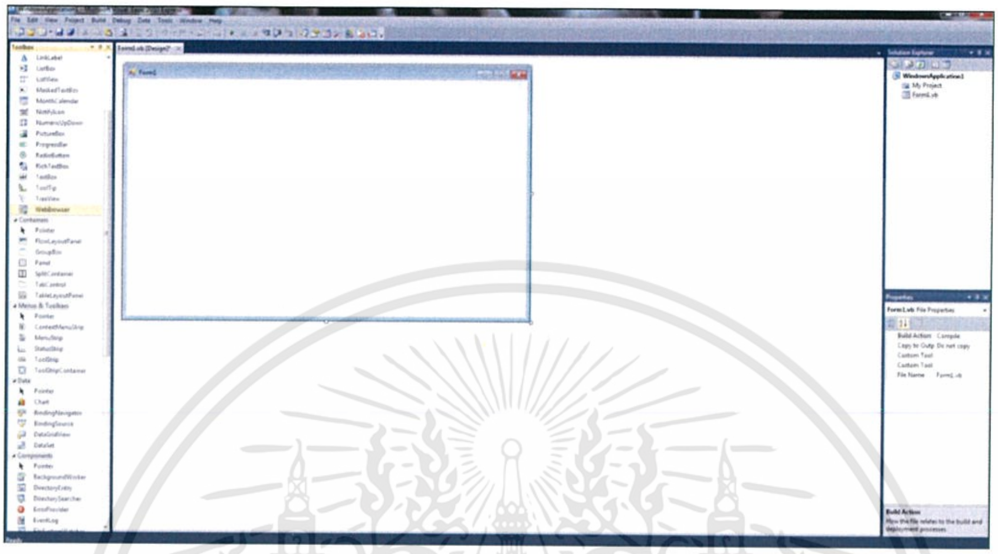
2.3.1 Visual Basic 2010

โปรแกรม Visual Basic (VB) เป็นโปรแกรมสาหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่กาลังเป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันโปรแกรม Visual Basic เป็นโปรแกรมที่ได้เปลี่ยนรูปแบบการเขียนโปรแกรมใหม่โดยมีชุดคาสั่งมาสนับสนุนการทางานมีเครื่องมือต่างๆที่เรียกกันว่าคอนโทรล (Controls) ไว้สาหรับช่วยในการออกแบบโปรแกรมโดยเน้นการออกแบบหน้าจอแบบกราฟิกหรือที่เรียกว่า Graphic User Interface (GUI) ทาให้การจัดรูปแบบหน้าจอเป็นไปได้ง่ายและในการเขียนโปรแกรมนั้นจะเขียนแบบ Event- Driven Programming คือโปรแกรมจะทางานก็ต่อเมื่อเหตุการณ์ (Event) เกิดขึ้นตัวอย่างของเหตุการณ์ได้แก่ผู้ใช้เลื่อนเมาส์ผู้ใช้กดปุ่มบนคีย์บอร์ดผู้ใช้กดปุ่มเมาส์เป็นต้น

เครื่องมือหรือคอนโทรลต่างๆที่ Visual Basic ได้เตรียมไว้ให้ไม่ว่าจะเป็น Form Textbox Label ถือว่าเป็นวัตถุ (Object ในที่นี้ขอใช้คาว่าออบเจ็กต์) นั่นหมายความว่าไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือใดๆใน Visual Basic จะเป็นออบเจ็กต์ทั้งสิ้นสามารถที่จะควบคุมการทางานแก้ไขคุณสมบัติของออบเจ็กต์นั้นได้โดยตรงในทุกๆออบเจ็กต์จะมีคุณสมบัติ (properties) และเมธอด (Methods) ประจาตัวซึ่งในแต่ละออบเจ็กต์อาจจะมีคุณสมบัติและเมธอดที่เหมือนหรือต่างกันก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของออบเจ็กต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้วย Visual Basic การเขียนโค้ดจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆเรียกว่าโพรซีเดอร์ (procedure) แต่ละโพรซีเดอร์จะประกอบไปด้วยชุดคาสั่งที่พิมพ์เข้าไปแล้วทำให้คอนโทรลหรือออบเจ็กต์นั้นๆ

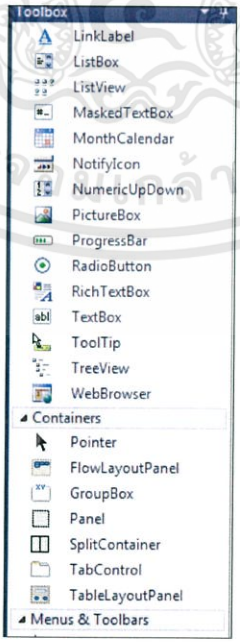


รูปที่ 2.15 หน้าต่าง Visual Basic 2010

ส่วนประกอบของโปรแกรม

1. Toolbox

เป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงคอนโทรลต่างๆที่จะนำมาวางบนฟอร์มมีหลายๆเครื่องมือ แต่เนื่องจากคอนโทรลมีจำนวนมาก ดังนั้นจึงได้แบ่งออกเป็นกลุ่มๆแต่ละกลุ่มจะแยกด้วยแท็บ

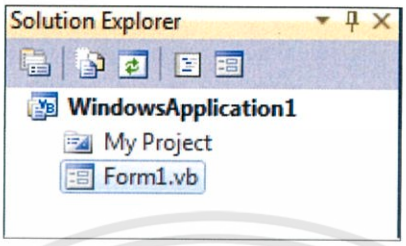


รูปที่ 2.16 หน้าต่าง Toolbox

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Solution Explorer

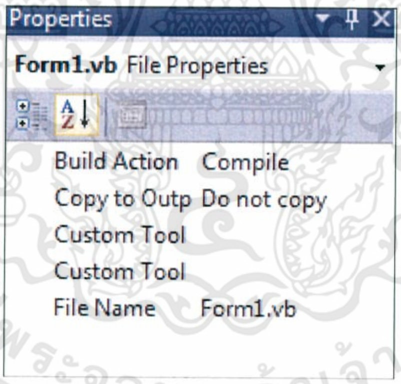
เป็นส่วนที่แสดงโครงสร้างของไฟล์ต่างๆที่มีในโปรเจ็กต์นอกจากนี้เรายังสามารถจัดการกับไฟล์เหล่านั้นในบางลักษณะผ่าน Solution Explorer ได้ เช่น การเพิ่ม ลบ เปลี่ยนชื่อ สร้างโฟล์เดอร์ ใช้สลับไปมาระหว่างมุมมองการออกแบบโปรแกรมและโค้ดโปรแกรม เป็นต้น



รูปที่ 2.17 หน้าต่าง Solution Explorer

3. Properties Window

การพัฒนาแอปพลิเคชั่นนั้นทุกอย่างจะอยู่ในรูปของออบเจ็กต์ และทุกออบเจ็กต์จะประกอบไปด้วยคุณสมบัติของออบเจ็กต์นั้นๆซึ่งเราจะเรียกคุณสมบัติของออบเจ็กต์ว่า Properties สำหรับ Properties Window จะมีลักษณะเป็นตารางที่แสดงชื่อและค่าของแต่ละ Properties โดยเราสามารถปรับเปลี่ยนค่าตามที่ต้องการได้

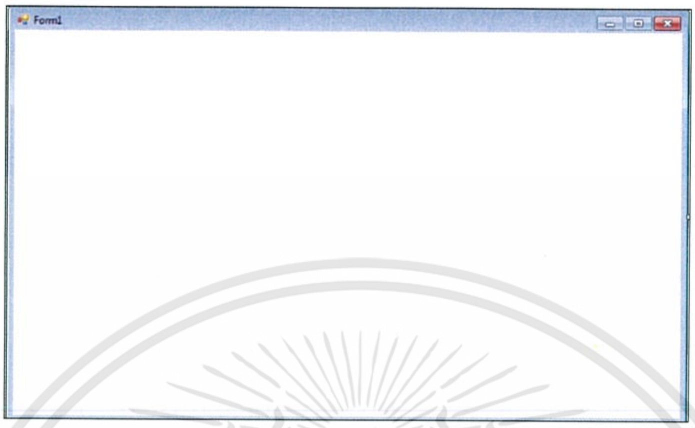


รูปที่ 2.18 หน้าต่าง Properties Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Form

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งของการพัฒนาแอปพลิเคชั่นของโปรแกรมเพราะเป็นส่วนที่ใช้ในการจัดวางคอนโทรลต่างๆเพื่อติดต่อกับผู้ใช้

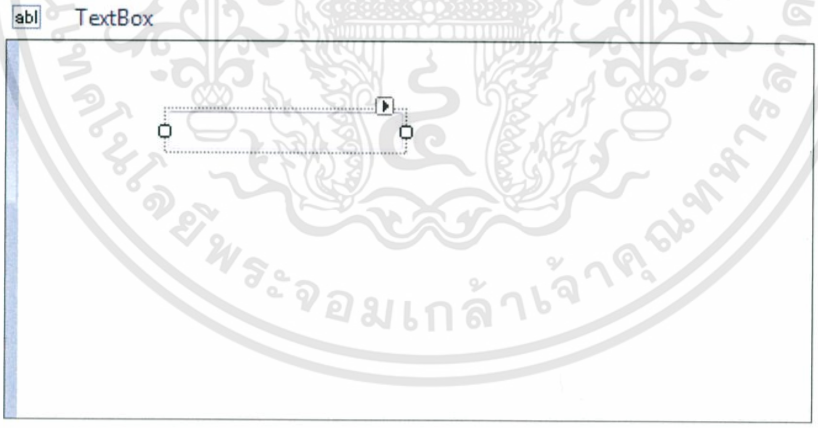


รูปที่ 2.19 หน้าต่าง Form

เครื่องมือในโปรแกรม Visual Basic ที่ใช้งาน

1. Text Box

เป็นเครื่องมือที่สร้างกล่องข้อความที่สามารถแสดงตัวหนังสือได้ในโปรแกรม

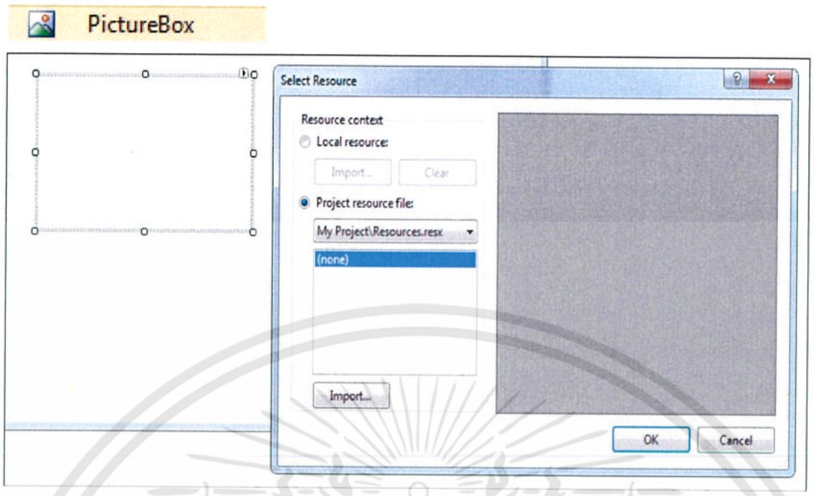


รูปที่ 2.20 เครื่องมือ Text Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Picture Box

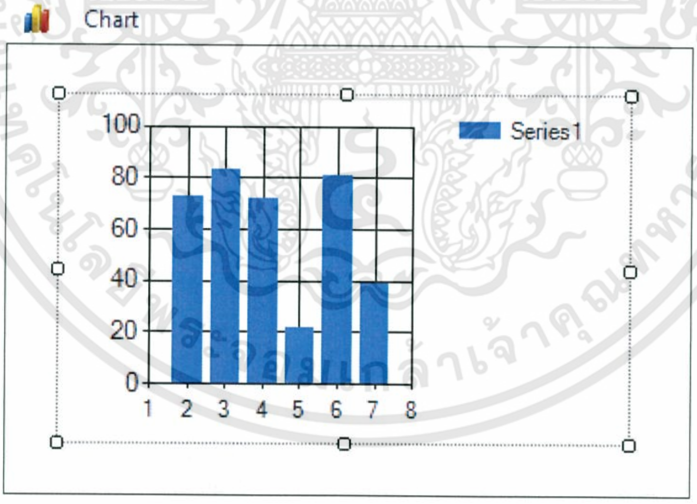
เป็นเครื่องมือที่สามารถนำรูปภาพมาใส่ในโปรแกรมได้



รูปที่ 2.21 เครื่องมือ Picture Box

3. Chart

เป็นเครื่องมือที่สามารถสร้างกราฟในโปรแกรมได้

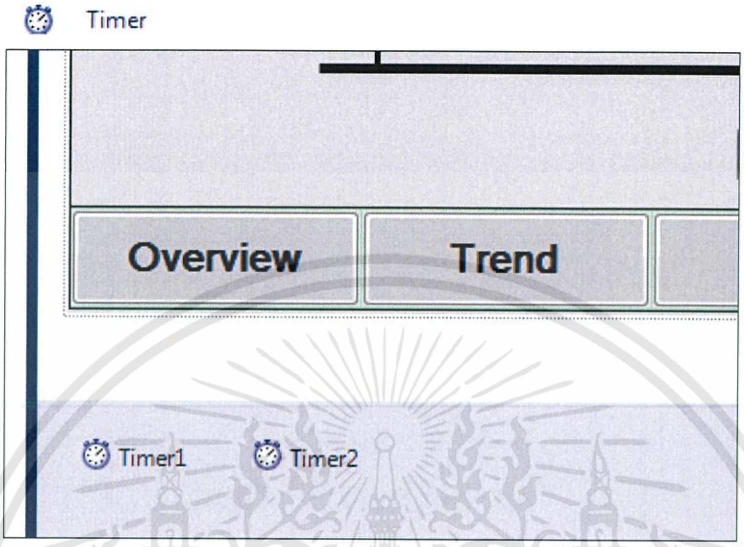


รูปที่ 2.22 เครื่องมือ Chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Timer

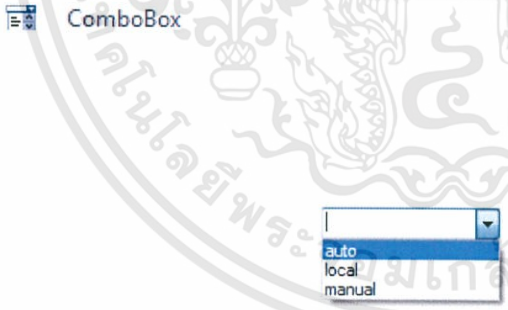
จุดประสงค์ของการใช้ไทเมอร์ คือ ให้มีการทำงานบางอย่างทุก ๆ ช่วงเวลาที่เรากำหนด ซึ่งจะช่วยให้การทำงานบางอย่างถูกทำแบบฉากหลังพร้อมกับมีโปรแกรมอื่นทำงานอยู่ด้วย



รูปที่ 2.23 เครื่องมือ Timer

5. ComboBox

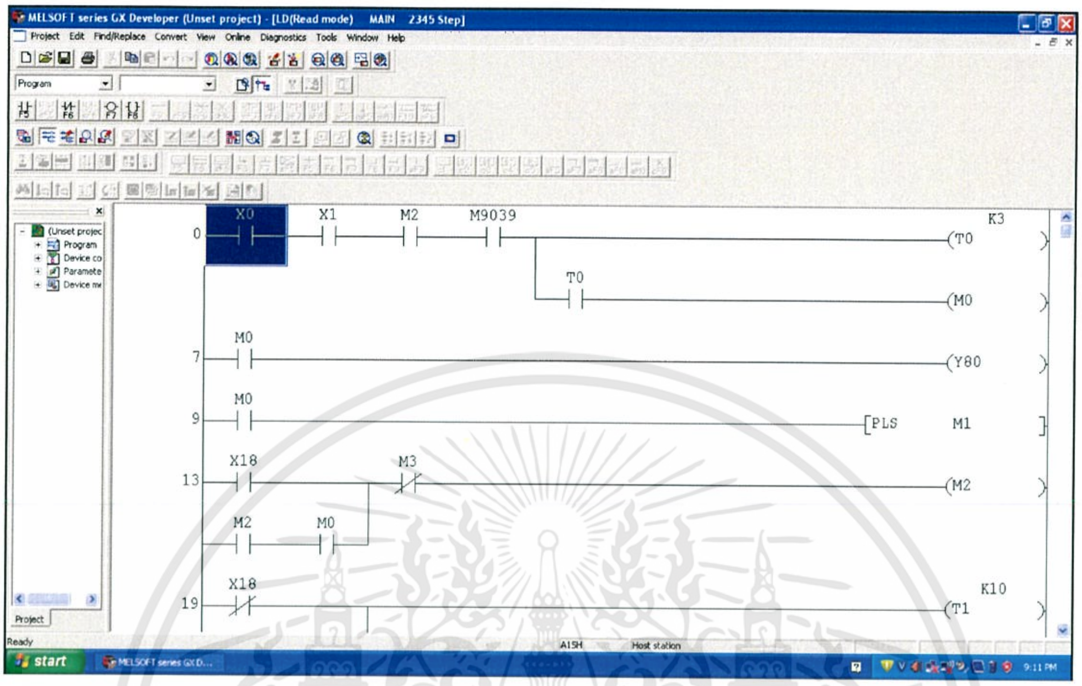
เป็นเครื่องมือที่สามารถทำให้สร้างลิสต์ชื่อที่ต้องการได้



รูปที่ 2.24 เครื่องมือ ComboBox

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 โปรแกรม Gx Developer



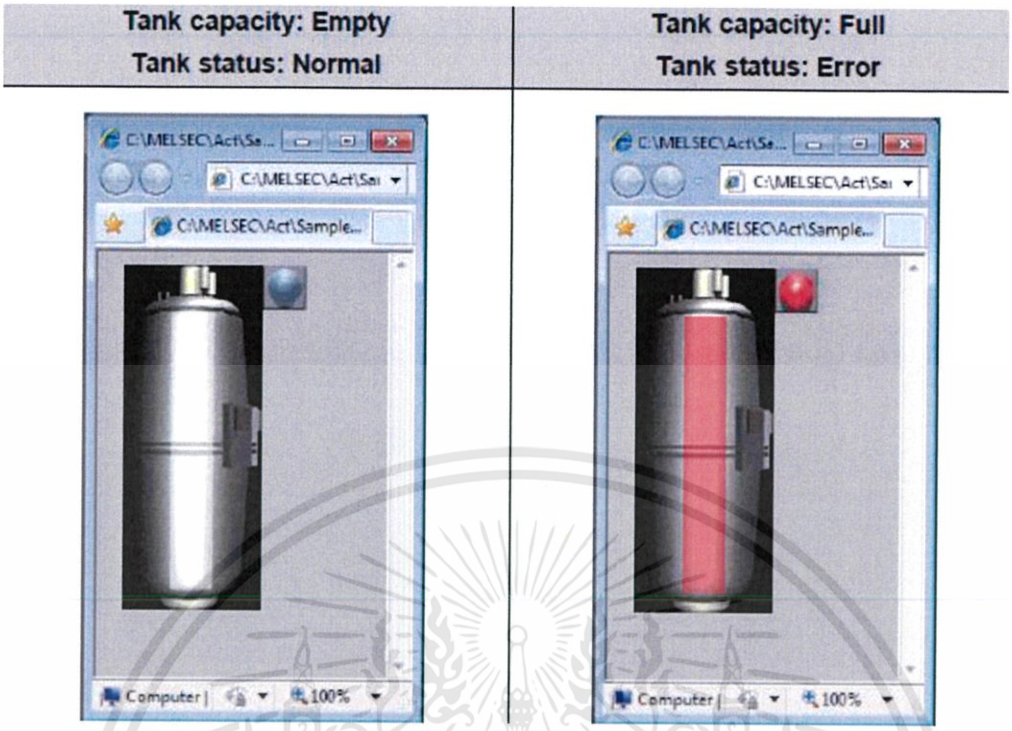
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างโปรแกรม Gx Developer [20]

เป็นตัวอย่างโปรแกรมเขียน Ladder Diagram ของ PLC ซึ่งเขียนในส่วนควบคุมอุปกรณ์ในระบบ I/O ต่างๆ และเขียนโปรแกรมในการรับค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดและ sensor มาประมวลผลใน PLC และ PLC จะส่งค่าไปแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

2.3.3 โปรแกรม MX-Component

เป็นโปรแกรมที่เชื่อมต่อระหว่าง PLC และโปรแกรมของ Microsoft ต่างๆที่อยู่ในคอมพิวเตอร์ในที่นี้คือโปรแกรม Visual Basic ซึ่งโปรแกรมนี้มีหน้าที่นำค่าที่ PLC รับค่าจากอุปกรณ์วัดต่างๆและอุปกรณ์ sensor ส่งชุดข้อมูลเข้ามาที่คอมพิวเตอร์ทำให้โปรแกรม Visual Basic สามารถเชื่อมต่อข้อมูลกับ PLC ได้ซึ่งการทำงานของโปรแกรมนั้นจะเปรียบเสมือนการเพิ่มเครื่องมือในโปรแกรม Visual Basic ขึ้นมาซึ่งโดยปกติโปรแกรม Visual Basic จะเชื่อมต่อข้อมูลกับ PLC จะทำได้ยาก และยังสามารถนำข้อมูลจากฐานข้อมูลไปใช้บนอินเตอร์เน็ตโดยใช้ควบคู่กับโปรแกรม VB Script

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 ตัวอย่างผลหน้าจอของโปรแกรม VBScript [9]

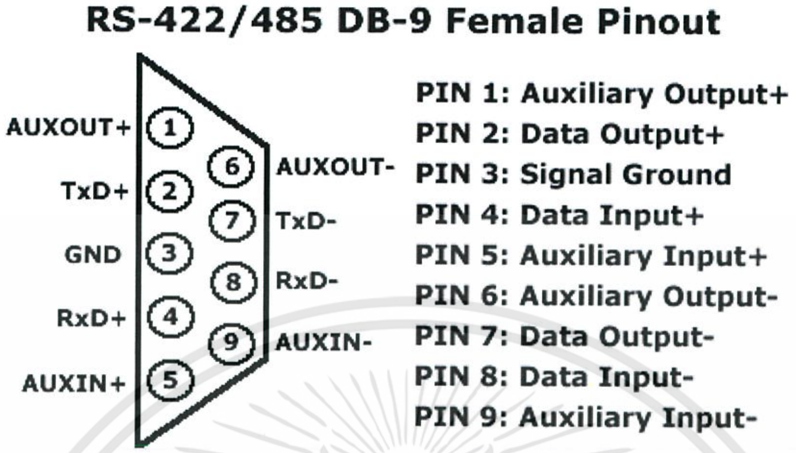
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการติดต่อสื่อสาร

2.4.1 RS-485

กำหนดโดยสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หรือ EIA เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อสัญญาณแบบอนุกรม (Serial Communication) มีลักษณะการเชื่อมต่อเป็นแบบหลายจุด (Multi-point) หรือ Multi-drop สายสัญญาณที่ใช้มีทั้งแบบที่เป็น 2 สายและแบบที่เป็น 4 สาย การต่อแบบหลายจุดนี้ทำให้สามารถมองสายสัญญาณเป็นบัสนำสัญญาณได้ (Signal Bus) จำนวนคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่สามารถอยู่บน RS-485 บัสหนึ่งถูกกำหนดไว้ที่ 32 ตัว ในกรณีที่ต้องการเพิ่มจะต้องมีตัวทวนสัญญาณ (Signal Repeater) หรือใช้ตัวส่ง-รับสัญญาณที่มีอิมพิแดนซ์ (ความต้านทานเสมือน) สูงขึ้น ซึ่งเราอาจเพิ่มจำนวนจุดเชื่อมต่อขึ้นได้ถึง 128 จุด ความยาวขอสายสัญญาณตามมาตรฐาน RS-485 นี้สามารถยาวได้ถึง 1.2 กม เช่นเดียวกับมาตรฐาน RS-422 แต่การสื่อสารจะเป็นแบบสองทางไม่พร้อมกัน (Half Duplex) มีเพียงคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ตัวเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งสัญญาณออกได้ ณ เวลาหนึ่งๆ ส่วนที่เหลือจะเป็นผู้รับสัญญาณถ้าพูดถึง RS232 คงจะรู้จักกัน เพราะมันเป็นฮาร์ดแวร์มาตรฐานที่ติดมากับเครื่อง Desktop (ความจริงในสมัยก่อนเครื่องNotebook ก็มี RS232) RS232 จะมีข้อจำกัดอยู่หลายอย่าง เช่น ความยาวของสายต้องไม่เกิน 50 ฟุต และความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 20 kbs ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการสื่อสารที่ต้องเดินสายไกล/ความเร็วสูง ต่อมาได้มี RS485 มาแทนที่ RS232ปัญหาหลักของ RS232 คือไม่ทนต่อ Noise เนื่องจากข้อมูลในสาย TX และ RX ต้องเปรียบเทียบระดับสัญญาณกับ GND เมื่อ GND ถูกรบกวนทำให้ GND เปลี่ยนไปจากเดิม แต่ RS485 ไม่ได้ใช้การอ้างอิงสัญญาณกับ GND RS485 ใช้ความแตกต่างระหว่างสาย 2 สาย (A และ B) เป็นตัวบอกว่า Logic “1” หรือ Logic “0” วิธีนี้จะป้องกัน GND loop ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

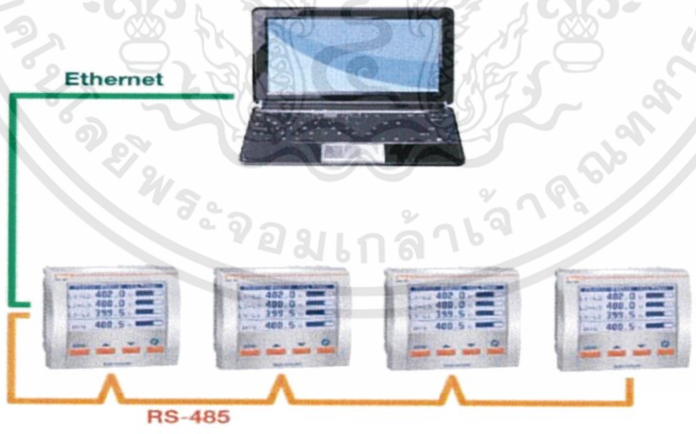
เกิดขึ้น การใช้งานพบว่าสายแบบ Twist จะป้องกัน Noise ได้ดีกว่าสายตรงที่เดินขนานกันไป และจะให้ดียิ่งขึ้นต้องเป็นสายที่ Shield จะสามารถป้องกันสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็กเข้ามากวนได้



รูปที่ 2.27 อินเตอร์เฟซ ของ RS-485 [14]

2.4.2 โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารใน RS485

เราสามารถกำหนดโปรโตคอลเองได้ว่าจะให้มีลักษณะยังไง หรือจะใช้ Open โปรโตคอลก็ได้เช่นโปรโตคอล MODBUS ที่นิยมใช้ใน PLC งานอุตสาหกรรม ซึ่งในการต่อ RS485 ของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบระหว่างมิเตอร์ที่ใช้วัดค่าต่างๆที่ต่อกับ PLC เราสามารถเชื่อมสาย RS485 ต่อพ่วงกันได้กับแต่ละอุปกรณ์ที่มีจุดต่อ RS485 ดังรูป 2.25



รูปที่ 2.28 การเชื่อมต่อ RS-485 ระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ [14]

2.4.3 โปรโตคอล Modbus

โปรโตคอล MODBUS เป็นโปรโตคอลเพื่อสื่อสารข้อมูลอินพุต/เอาต์พุต และริจิสเตอร์ภายใน PLC ซึ่งถูกคิดค้นมาตั้งแต่ป 1979 โดย Modicon ซึ่งเป็นหนึ่งในบริษัทผู้ผลิต PLC ในประเทศสหรัฐอเมริกา (ปัจจุบันเป็น Schneider Electric) โปรโตคอล MODBUS ไดเป็นที่ยอมรับกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

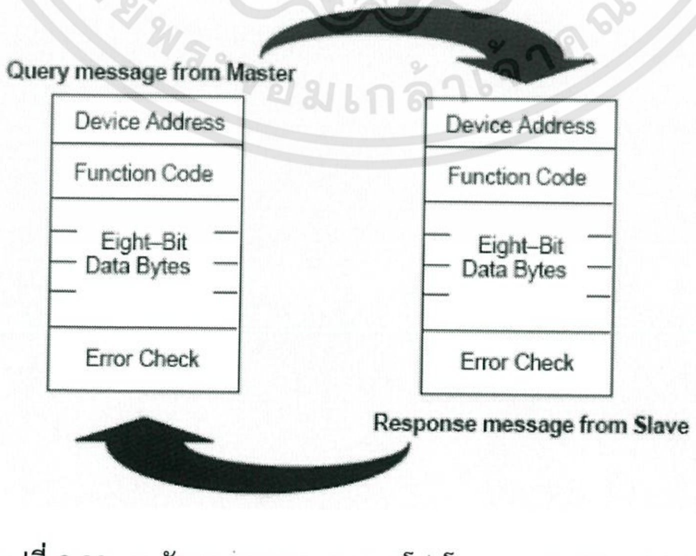
อย่างกว้างขวาง สาเหตุเนื่องมาจาก MODBUS เป็นระบบเปิดเชื่อมต่อและพัฒนาง่ายและไมมีค่าใช้จ่าย (Royalty-Free) อีกทั้งยังแพรหลายในการนำโปรโตคอลนี้ไปใช้งานในอุปกรณ์อื่นๆ อาทิเช่น RTU (Remote terminal Unit), Remote I/O Digital Power Meter, Flow Computer เป็นต้นและในทุกซอฟต์แวร์ SCADA มีความสามารถสื่อสารกับโปรโตคอล MODBUS ได้ปัจจุบัน MODBUS จึงเป็นโปรโตคอลหลักในงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้งานในระบบ SCADA และ PLC

2.4.4 ขอมูลทางเทคนิคเบื้องตน

โปรโตคอล MODBUS ไดออกแบบเพื่อใชงานงานกับพอรตสื่อสารกับอนุกรมมาตรฐานอยางRS-232C, RS-422และ RS-485 ในจุดประสงคแรกจนเกิดการใชงานอยางแพรหลายจึงไดพัฒนาออกไปเปนโปรโตคอลMODBUS Plus และ MODBUS/TCP อีกดวยอยางไรก็ตามโปรโตคอล MODBUS บนพอรตสื่อสารอนุกรมยังเปนหลักพื้นฐานและครองความนิยมในอุปกรณควบคุมอยูนั้นเองโปรโตคอล Mudbusเปนการสื่อสารขอมูลในลักษณะ Master/Slave ซึ่งเปนการสื่อสารจากอุปกรณแม (Master)เครื่องเดียวโดยสวนใหญมักเปนซอฟตแวร์คอมพิวเตอรหรืออุปกรณแสดงผล HMI ไปยังอุปกรณลูก (Slave) ไดหลาย ๆ เครื่อง โดยสามารถกำหนหมายเลขอุปกรณไดสูงสุด 255 เครื่องโดยมีลักษณะการสงขอมูล 2 แบบ คือ ขอมูลแบบแอสกี (ASCII) และขอมูลแบบเลขฐาน 2 (Binary) ในโปรโตคอล MODBUS ที่สื่อสารขอมูลแบบASCII จะเรียกวา MODBUS ASCII และโปรโตคอล MODBUS ที่สื่อสารขอมูลแบบเลขฐาน 2 จะเรียกวา MODBUS RTU ทำใหมีความแตกต่างในการกำหนดคาพอรตสื่อสาร

2.4.5 โหมดการรับสงขอมูลอนุกรม

การรับสงขอมูลอนุกรมดวยโปรโตคอล MODBUS สามารถเลือกได 2 โหมดคือ โหมด RTU และโหมด ASCII ซึ่งทั้ง 2โหมดนี้มีความแตกตางกันที่การกำหนดรูปแบบของชุดขอมูลภายในเฟรม จะเลือกโหมดใดก็ไดแตมีเงื่อนไขวาอุปกรณทุกตัวที่ตอรวมอยูในบัสหรือเครือขายเดียวกัน จะตองถูกปรับตั้งใหเลือกใชโหมดเดียวกันทั้งหมด



รูปที่ 2.29 การรับสงขอมูลอนุกรมดวยโปรโตคอล MODBUS [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 การติดตอสื่อสารแบบ Master-Slave

Properties of Modbus/ASCII and Modbus/RTU

	Modbus/ASCII		Modbus/RTU	
Characters	ASCII **0...9** and **A..F**		Binary **0...255**	
Error check	**LRC** Longitudinal Redundancy Check		**CRC** Cyclic Redundancy Check	
Frame start	character ':'		3.5 chars silence	
Frame end	characters **CR/LF**		3.5 chars silence	
Gaps in message	1 sec		1.5 times char length	
Start bit	1		1	
Data bits	7		8	
Parity	even/odd	none	even/odd	none
Stop bits	1	2	1	2

รูปที่ 2.30 การติดตอสื่อสารแบบ Master-Slave [10]

2.4.7 ความแตกตางระหวางMODBUS ASCII และ RTU

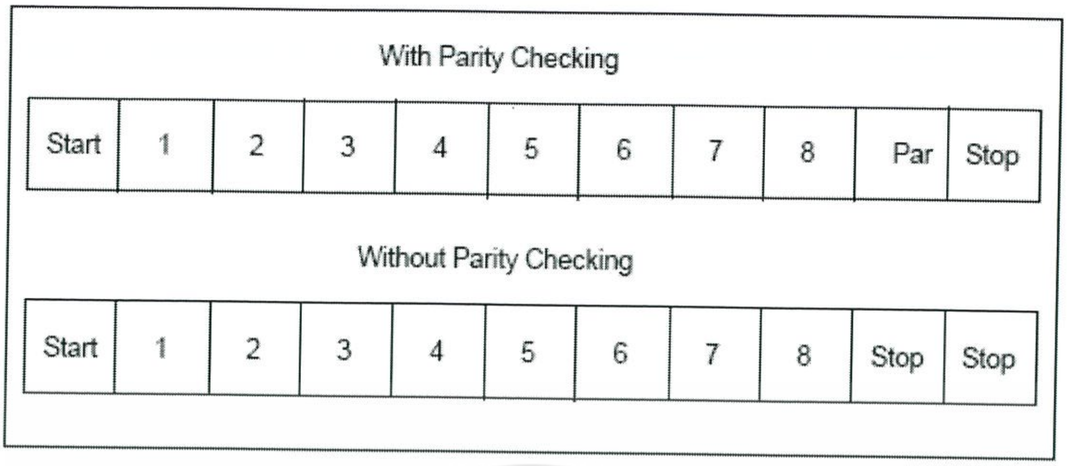
1. MODBUS RTU

เฟรมขอมูลในโหมด RTU ประกอบดวยขอมูลแสดงตำแหนงแอดเดรสของสเลฟ1 ไบต, หมายเลขฟงกชัน 1ไบต, ขอมูลที่ทำการรับสงจำนวนมากสุดไมเกิน252ไบตและรหัสตรวจสอบความถูกตองของขอมูลแบบCRC (Cyclical Redundancy Checking) ขนาด 2 ไบตคา CRC นี้เปนคาที่คำนวณมาจากขอมูลทุกไบตไมรวมบิต start, Stop และ Parity Check โดยที่ตัวสเลฟตัวที่สงขอมูลออกมาจะสรางรหัส CRC แลวสงตามทายไบตขอมูลออกมา หลังจากนั้น เมื่อมาสเตอรไดรับเฟรมขอมูลและถอดขอมูลออกจากเฟรมแลวจะทำการคำนวณคา CRC ตามสูตรเดียวกับสเลฟ เพื่อนทำการเปรียบเทียบคา CRC ทั้ง 2 คาวาตรงกันหรือไมหากไมตรงกันแสดงวาเกิดความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลในโหมด RTU การสงขอมูล1ไบตไมวาจะเปนขอมูลสวนใดภายในเฟรม จะตองทำการสงบิตข้อมูลมูลรวม11 คือบิตเริ่มตน (Start) 1 บิต, บิตขอมูล8 บิต ซึ่งก็คือ 1 ไบต, บิตตรวจสอบ Parity ของข้อมูล1 บิตและบิตหยุด (Stop) 1 บิต หรือหากเลือกแบบไมมีบิต Parity ก็จะเปนแบบStop แทน 2 บิต สำหรับการกำหนดใหมีบิต Parity นั้น สามารถเลือกเปนแบบคู (Even Parity) หรือคี่ (Odd Parity) ก็ไดและหากตองการออกแบบใหสอดคลองกับอุปกรณที่มีใชกันทั่วไปมากที่สุดควรเลือกแบบคูโดยที่สามารถปรับเปลี่ยนเปนแบบคี่หรือไมมีการตรวจสอบ Parity (No Parity) ไดดวย

START	ADDRESS	FUNCTION	DATA	CRC CHECK	END
T1–T2–T3–T4	8 BITS	8 BITS	*n* x 8 BITS	16 BITS	T1–T2–T3–T4

รูปที่ 2.31 ลักษณะเฟรมขอมูลของ MODBUS RTU [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 ลักษณะขอมูลแตละไบตของ MODBUS RTU [10]

จากรูปแสดงชวงเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการการสงเฟรมขอมูลออกมาในข้อมูล เมื่อสงเฟรมข้อมูลออกไป 1เฟรมแลว จะตองรออยางนอยเทากับเวลาที่ใชสงขอมูลจำนวน 3.5 ตัวอักษรจึงจะส่งข้อมูลเฟรมตอไปไดและภายในเฟรมแตละเฟรม ซึ่งประกอบดวยชุดบิตขอมูลจำนวนหลายชุดก็จะอยูหางกันไมเกิน 1.5 บิตวัตถุประสงคในการกำหนดชวงเวลาระหวางเฟรมขอมูลและชุดบิตขอมูลภายในเฟรม ก็เพื่อใหอุปกรณตาง ๆ ไมวาจะเปนมาสเตอรหรือสเลฟสามารถรับรูถึงจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของเฟรมขอมูลแตละเฟรมไดและสามารถตรวจสอบไดวาการรับสงขอมูลในขณะนั้น เกิดความผิดพลาดขึ้นมาหรือไมโดยตรวจสอบกับชวงระยะหางของเวลาที่ควรจะเป็นกับค่าที่วัดไดจริง

2. โหมดASCII

การรับสงขอมูลในโหมด ASCII มีความแตกตางจากโหมด RTU ตรงที่ในโหมดRTU ขอมูลที่จะสงขนาด 1ไบต นำมารวมกับบิตประกอบตาง ๆ ก็สามารถสงออกไปไดเลยแตสำหรับโหมด ASCII จะมองขอมูล1ไบตนั้นออกมาเปนตัวอักษร 2 ตัวเขน คา 0x5B ซึ่งเปนเลขฐานสิบหกก็จะถูกมองเปนตัวอักษร ‘5’ และตัวอักษร ‘B’ จากนั้นก็จะทำการคนหารหัส ASCIIของตัวอักษรทั้ง 2 ตัวนั้น ซึ่งไดแก 0x35สำหรับ‘5’ และ 0x42 สำหรับ‘B’ แลวทำการสงรหัส ASCII ทั้ง 2 คานี้ออกไปซึ่งจะไดผลเทากับการสงคา 0x5B ซึ่งเปนขอมูลขนาด 1ไบตในโหมดRTU จะเห็นไดวาการสงขอมูลในโหมด ASCII จะตองทำงานมากกวาการสงขอมูลในโหมดRTU ซึ่งทำใหอัตราเร็วในการสื่อสารมีคาต่ำกวา สาเหตุที่เปนแบบนี้ก็เพราะโหมด ACSII ไดถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณที่ไมมีความสามารถในหารกำหนดช่วงระยะหางของเวลาในการสงเฟรมขอมูลอยางเชนในโหมดRTU ที่อุปกรณสามารถกำหนดไดวาจะสงเฟรมขอมูลแตละเฟรมออกมาดวยเวลาหางกันเทาใดและอุปกรณที่รอรับขอมูลก็ตองสามารถตรวจจับแยกแยะไดดวยวาเฟรมขอมูลแตละเฟรมที่รับเขามานั้นมีระยะเวลาหางกันภายในช่วงเวลาที่กำหนดหรือไมเพื่อทำใหสามารถตรวจสอบหาจุดเริ่มตน และจุดสิ้นสุดของเฟรมขอมูลแตละเฟรมไดแตในความเปนจริงยังมีอุปกรณอีกหลายชนิด ที่ไมมีความสามารถพิเศษนี้จึงตองใชวิธีอื่นที่จะชวยใหสามารถรับรูจุดเริ่มตนและจุดสิ้นสุดของเฟรมขอมูลไดไดแกโหมด ASCII ซึ่งในโหมดนี้จะเริ่มตนเฟรมขอมูลดวยการสงรหัส ASCII ที่กำหนดใหหมายถึงจุดเริ่มตน คือ 0x3A ซึ่งตรงกับอักษร ':' ตามดวยแอดแดรสของสเลฟ, หมายเลขฟงกชัน, ขอมูล, รหัสตรวจสอบ LRC และรหัสASCII 2 ตัว ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดใหหมายถึงจุดสิ้นสุดคือรหัส 0x0D และ 0x0A คือรหัส CR (Carriage Return) และ LF (Line Feed) ตามลำดับ(ดูรูปที่6) โดยขณะที่บัสขอมูลวางจากการรับสงขอมูลอุปกรณทุกตัวจะคอยตรวจสอบขอมูลในบัสวามีการสงรหัสASCII ของ ‘:’ ออกมาหรือไมถามีก็จะรับรูวาขณะนี้ไดมีการเริ่มตนสงเฟรมข้อมูลออกมาแลวก็จะเขาสูกระบวนการรับขอมูลตอไป

START	ADDRESS	FUNCTION	DATA	LRC CHECK	END
1 CHAR :	2 CHARS	2 CHARS	n CHARS	2 CHARS	2 CHARS CRLF

รูปที่ 2.33 ลักษณะเฟรมขอมูลของ MODBUS ASCII [10]

With Parity Checking

Start	1	2	3	4	5	6	7	Par	Stop

Without Parity Checking

Start	1	2	3	4	5	6	7	Stop	Stop

รูปที่ 2.34 ลักษณะขอมูลแตละไบตของ MODBUS ASCII [10]

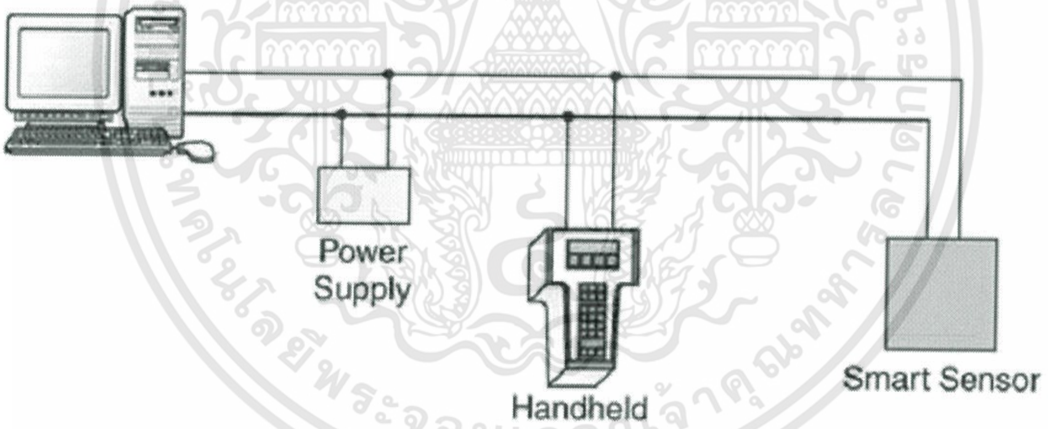
จากรูปแสดงชุดของบิตขอมูลที่สงทั้งหมดของขอมูลแตละอักษรจะเห็นไดวาหนวยของชุดข้อมูลในโหมด ASCII คือตัวอักษรไมเหมือนในโหมด RTU ที่มีหนวยเปนไบตเพราะโหมด ASCII เป็นการสงขอมูลในรูปแบบของรหัส ASCII ของตัวอักษรซึ่งสามารถกำหนดไดดวยบิตขอมูลจำนวน 7 บิตไมตองใชถึง 8บิตดังนั้น บิตที่ตองสงตอการสง รหัสASCII 1 ตัวไดแกบิต Start 1 บิต, บิตข้อมูลรหัส ASCII 7 บิต, บิตตรวจสอบ Parity 1 บิต, และบิต Stop 1 บิตรวมทั้งหมด: 0 บิตและเชนเดียวกับโหมด RTU คือสามารถเลือกประเภทของบิตตรวจสอบParity 1 บิตไดวาเปนแบบคู, คี่หรือไมมีบิตตรวจสอบ ซึ่งจะเปลี่ยนเปนบิตStop แทน เนื่องจากการสงขอมูลในโหมด ASCII เปนการแปลงข้อมูลจากเลขฐานสิบหกเปนรหัสASCII ของตัวอักษรที่แสดงคาเลขฐานสิบหกดังนั้นรหัสASCII ที่ปรากฏในบัสขอมูลนอกเหนือไปจากรหัสเริ่มตนและรหัสสิ้นสุดแลวจะเปนรหัสASCII ของตัวอักษรตั้งแต '0'ถึง'9' และ'A'ถึง'F' เทานั้นถึงแมโหมดASCII จะไมตองกำหนดชวงระยะหางทางเวลาของเฟรมขอมูลแตละเฟรมแตอุปกรณยังตองสามารถตรวจจับชวงระยะหางทางเวลาระหวางการสงขอมูลรหัส ASCII แตละตัวไดซึ่งหากเวนชวงหางกันนานเกินไปแสดงวาเกิดความผิดพลาดในการสื่อสารโดยปกติจะกำหนดค่าเวลานี้ไวที่ 1 วินาทีเรียกคาเวลานี้วา Time Out Period หากเปรียบเทียบระหวางเฟรมขอมูลในโหมด ASCII กับ โหมด RTU จะพบวาการสงขอมูลในโหมดASCII นั้นหากตองการสงไบตขอมูลใหได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทากับโหมด RTU จะตองสงขอมูลรหัสASCII ออกไปเปนจำนวน2 เทาของจำนวนไบตขอมูลเชนในโหมด RTU เฟมขอมูล1 เฟรมสามารถสงขอมูลไดมากสุด 252 ไบตซึ่งหากเปนโหมด ASCII จะตองส่งข้อมูลตัวอักษรออกไปทั้งหมด 2x252 เทากับ 504 ตัวอักษรและเพื่อใหมาตารฐานขนาดของข้อมูลของทั้ง 2 โหมดมีขนาดเทากัน จึงกำหนดใหคา 504 เปนคาจำนวนตัวอักษรมากสุดในการส่งเฟรมข้อมูลด้วยโหมด ASCII การตรวจสอบความผิดพลาดของขอมูลในโปรโตคอลแบบ MODBUS ASCII มีการตรวจสอบความผิดพลาดของขอมูลในลักษณะ LRC (Longitudinal Redundancy Check) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่นำคาขอมูลของตัวอักษร ASCII ที่สงออกไปตั้งแตตัวแรกนำมาผานลอจิก (Exclusive -OR (XOR) ไปเรื่อยจนถึงตัวสุดทายจนคาตัวอักษร BCC (Block Check Character) จำนวน 2 ตัวอักษรและใน MODBUS RTU มีการตรวจสอบความผิดพลาดของขอมูลในลักษณะ CRC-16 (Cyclic Redundancy Check) ซึ่งเปนอัลกอริทึมที่นำขอมูลแตละไบตมาหาร ในรูปสมการโพลิโนเมียลของเลขฐาน 2

2.4.8 โปรโตคอล HART

โปรโตคอล HART (Highway Addressable Route Transducer) คือโปรโตคอลที่ใช้สำหรับอุปกรณ์วัดค่าโดยสามารถทำงานบนค่าอนาล็อกที่ 4-20mA ในรูปแบบส่งค่าแบบดิจิตอลนั้นหมายความว่าเราสามารถใช้สายเส้นเดิมของทรานส์ดิวเซอร์แบบดั้งเดิมทำการส่งข้อมูลโดยโปรโตคอล HART โดยในงานในระบบนี้จะใช้ติดต่อสื่อสารในส่วนการวัดความเข้มแสงอาทิตย์



รูปที่ 2.35 รูปแบบการเชื่อมต่อโปรโตคอล HART [11]

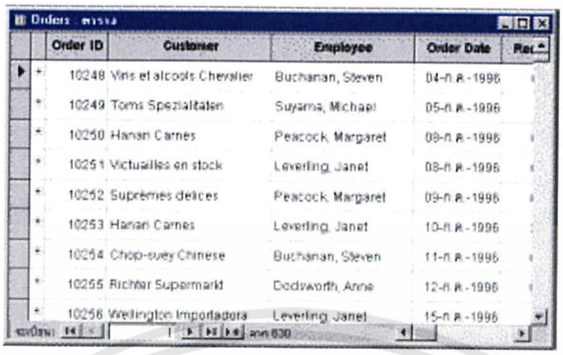
2.5 ส่วนของฐานข้อมูล

2.5.1 ฐานข้อมูล Microsoft access

Microsoft Access เป็นโปรแกรม ฐานข้อมูลในชุด Microsoft Office ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดย Access ได้รับการพัฒนา เป็นฐานข้อมูลแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database) ในระดับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (desktop) มีสมรรถนะในระดับที่ดี การบำรุงรักษาทำได้ง่ายและสะดวก การเก็บข้อมูลของแต่ละ table จากการใช้งานจริง สามารถเก็บเรคคอร์ดได้อย่างน้อย 200,000 เรคคอร์ด ขนาดไฟล์ที่เก็บ ไม่น้อยกว่า 80 MB และสามารถทำงานในลักษณะ multi-users ได้จากประสบการณ์พบว่าสามารถทำงานได้ 5-7 ผู้ใช้พร้อมกัน ซึ่งไมโครซอฟต์ระบุว่า ขนาดการเก็บในแต่ละ table สามารถเก็บได้ 2 GB ภายใน Access มีอ๊อบเจคต่างๆ ที่ครอบคลุมการพัฒนา เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม โดยมีการติดต่อแบบ GUI (graphical user interface) ทำให้การพัฒนาทำได้สะดวก และใช้เวลาน้อย ดังตัวอย่างตารางแสดงฐานข้อมูลได้ดังรูป

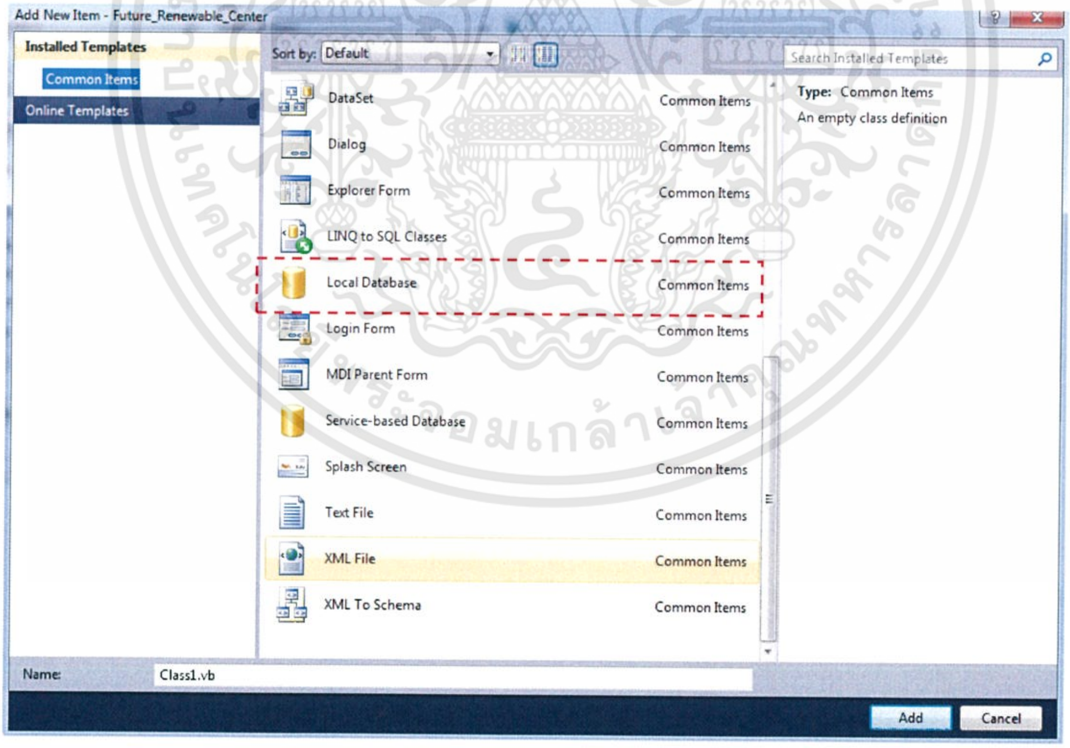


Order ID	Customer	Employee	Order Date
10248	Vins et alcools Chevalier	Buchanan, Steven	04-ก.ค.-1996
10249	Toms Spezialitäten	Suyama, Michael	05-ก.ค.-1996
10250	Hanari Carnes	Peacock, Margaret	08-ก.ค.-1996
10251	Victuailles en stock	Leverling, Janet	08-ก.ค.-1996
10252	Suprêmes délices	Peacock, Margaret	09-ก.ค.-1996
10253	Hanari Carnes	Leverling, Janet	10-ก.ค.-1996
10254	Chop-suey Chinese	Buchanan, Steven	11-ก.ค.-1996
10255	Richter Supermarkt	Dodsworth, Anne	12-ก.ค.-1996
10256	Wellington Importadora	Leverling, Janet	15-ก.ค.-1996

รูปที่ 2.36 ฐานข้อมูลจาก Microsoft access [12]

2.5.2 ฐานข้อมูลที่สร้างจากใน Visual Basic

ในโปรแกรม visual basic นั้นสามารถสร้างฐานข้อมูลภายในโปรแกรมได้โดยเข้าไปใน project แล้ว Add new item แล้วเข้าไปที่ Local database ดังรูป ซึ่งจะสามารถสร้างฐานข้อมูลภายในโปรแกรมได้

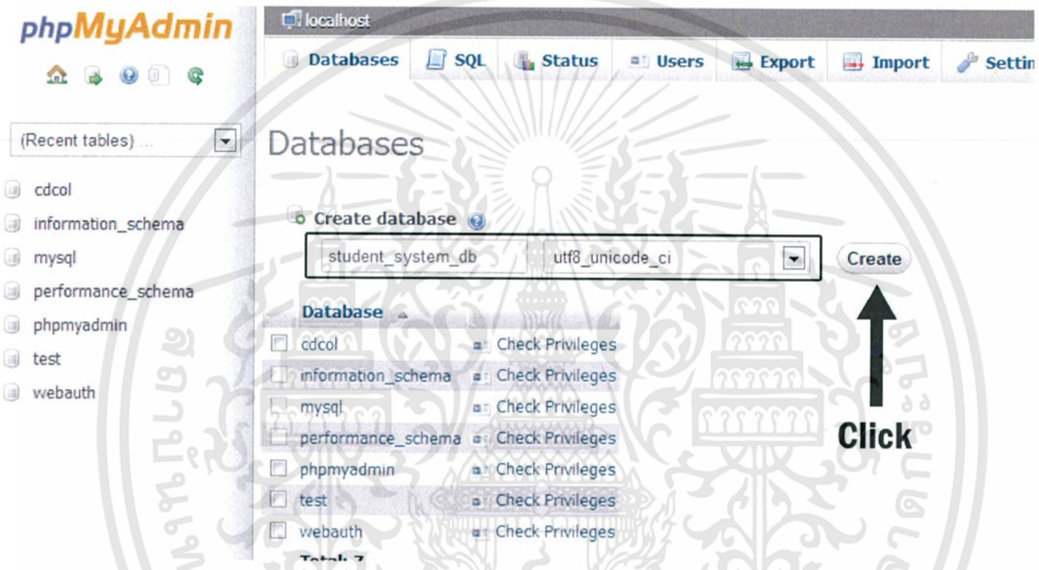


รูปที่ 2.37 ฐานข้อมูล Local Database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ฐานข้อมูล My SQL

MySql คือ ระบบจัดการฐานข้อมูลที่มีหน้าที่เก็บข้อมูล เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลที่ได้จากระบบงานที่โปรแกรมเมอร์ได้สร้างขึ้น โดยใช้ภาษา SQL (SQLคือภาษาที่ใช้ในการจัดการกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ เช่น สร้างฐานข้อมูล เพิ่มข้อมูล แก้ไขข้อมูล ลบข้อมูล เป็นต้น) โดย MySql จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างผู้ใช้กับฐานข้อมูล ซึ่ง MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล (database management system DBMS) สำหรับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยเราสามารถติดต่อกับ MySQL โดยการเขียนโปรแกรมภาษาต่าง ๆ ได้เช่น PHP, Perl, Java, C#, C, Ruby, C++ เป็นต้น ซึ่งเราจะใช้โปรแกรมที่ใช้สร้างฐานข้อมูล My SQL ในการสร้างฐานข้อมูลซึ่งจะทำให้สามารถเชื่อมต่อฐานข้อมูลกับโปรแกรมต่างๆและยังสามารถนำฐานข้อมูลไปใช้บนอินเตอร์เน็ตได้



รูปที่ 2.38 การสร้างฐานข้อมูล My SQL ด้วยโปรแกรมชนิดหนึ่ง [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงส่วนของการออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผลของโครงการศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต

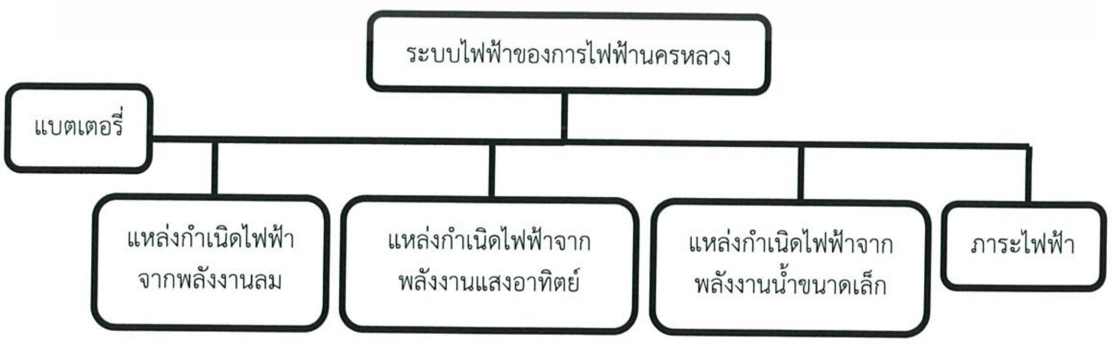
3.1 ขั้นตอนการสร้างระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล

ขั้นตอนการสร้างระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผลของสามารถแสดงได้ดังนี้

1. ศึกษาระบบไฟฟ้าและความต้องการในการควบคุมของระบบ เพื่อที่จะเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้ในการควบคุมและเฝ้าติดตามผลที่เหมาะสม
2. เลือกอุปกรณ์ที่จะนำไปใช้ในการควบคุมและเฝ้าติดตาม ชนิดของอุปกรณ์ที่จะต้องทำการเลือกเช่น เซนเซอร์วัดความเข้มแสง, เซนเซอร์วัดความเร็วลม, พาวเวอร์มิเตอร์, หม้อแปลงกระแส, โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)
3. ออกแบบรูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะใช้ในการจำลองระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล
4. เขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมและเฝ้าติดตามผลที่จะใช้ในการจำลองลงใน PLC และคอมพิวเตอร์
5. ทดสอบการทำงานของระบบจำลองและปรับปรุงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น
6. ออกแบบรูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆของระบบจริง
7. เขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมและเฝ้าติดตามผลของระบบจริง
8. ทดสอบการทำงานของระบบจริงและปรับปรุงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น
9. เริ่มใช้งานระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผลกับระบบจริง

3.2 โครงสร้างระบบไฟฟ้าของศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต

ระบบไฟฟ้าของศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตมีส่วนประกอบโดยหลักคือ แหล่งกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ แหล่งกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานลมจำนวน 4 ชุด ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง แบตเตอรี่และภาระไฟฟ้า โดยที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้อินเวอร์เตอร์ 7 ชุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ และมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเป็นแหล่งพลังงานในกรณีฉุกเฉิน

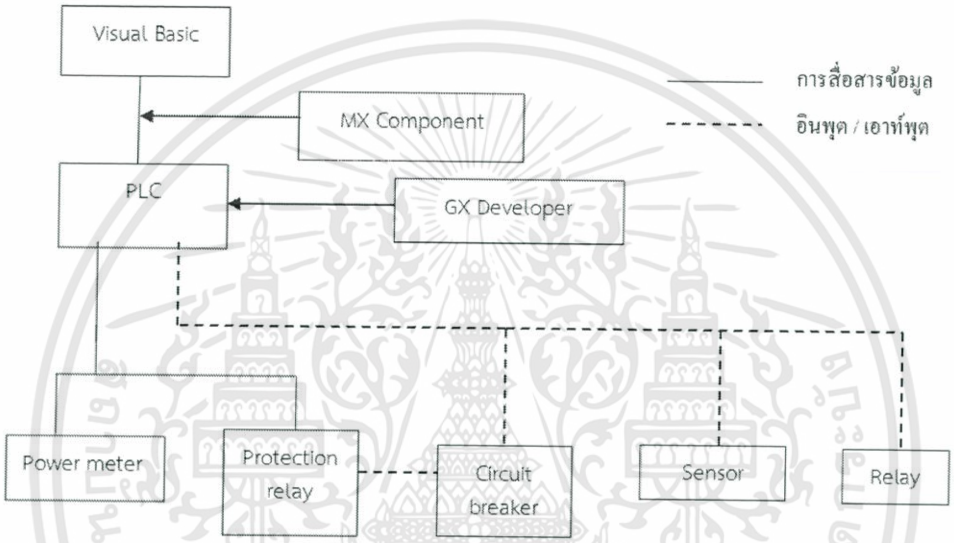


รูปที่ 3.1 โครงสร้างแนวคิดของระบบไฟฟ้าของศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โครงสร้างการเชื่อมต่อระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผลโดยรวมจะแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC จะติดต่อกันในรูปแบบการสื่อสารข้อมูล RS232 หรือ RS485 ซึ่งจะมีการใช้โปรแกรม Mx Component ช่วยในการสื่อสาร ในการสื่อสารระหว่าง PLC กับพาวเวอร์มิเตอร์หรือ PLC กับรีเลย์ป้องกันจะติดต่อในรูปแบบการสื่อสารข้อมูล RS232 หรือ RS485 ในการสื่อสาร ในการเชื่อมต่อระหว่าง PLC กับอุปกรณ์จำพวก เซอร์กิตเบรกเกอร์, เซนเซอร์, รีเลย์ ,คอนแทคเตอร์ จะเชื่อมต่อผ่านอินพุทโมดูลหรือเอาท์พุทโมดูลของ PLC ส่วนโปรแกรม GX Developer จะใช้ในการเขียน ladder diagram ของ PLC เพื่อใช้ควบคุมระบบ



รูปที่ 3.2 โครงสร้างการเชื่อมต่อระบบควบคุมและเฝ้าติดตาม

3.4 การเลือกส่วนประกอบของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)

การเลือกส่วนประกอบต่างๆของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะนำมาเฝ้าติดตามและควบคุมระบบไฟฟ้าของศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตจะต้องพิจารณาถึงส่วนประกอบอุปกรณ์ที่เลือกใช้ ความต้องการในการควบคุมและแสดงผลของระบบไฟฟ้าซึ่งคิดถึงระบบความต้องการในปัจจุบันที่โหลดต้องการใช้ไฟฟ้า และ ออกแบบไปถึงส่วนเผื่อในอนาคตเมื่อต้องการขยายระบบซึ่งได้เลือกใช้ PLC ในแบบชนิดโมดูลซึ่งสามารถเลือกโมดูลชนิดต่างๆตามความต้องการใช้งานและสามารถขยายในอนาคตได้ซึ่งในการเลือกส่วนประกอบของ PLC ในโปรเจคนี้จะเลือกจำนวนโมดูลอินพุทเอาท์พุทที่ตามที่ต้องการใช้ในปัจจุบันซึ่งถ้าในอนาคตจำนวนอินพุทหรือเอาท์พุทเพิ่มสูงขึ้นก็สามารถติดโมดูลเพิ่มได้เพราะได้เลือก CPU ที่สามารถขยายระบบได้อีกมาก

3.4.1 การเลือกดิจิตอลเอาท์พุทโมดูล

เมื่อพิจารณาตารางที่ 3.1 จึงทำการเลือก QY41P ซึ่งมีจำนวนเอาท์พุทเท่ากับ 32 เอาท์พุทและแรงดันที่ส่งออกไปเท่ากับ 12/24 VDC ซึ่งดิจิตอลเอาท์พุทโมดูลจะนำไปใช้ในการควบคุมรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางสำหรับเลือกดิจิตอลเอาท์พุทโมดูล [7]

Output type	No. of outputs / Rated output voltage	Output module			
		8	16	32	64
Relay	24 V DC / 240 V AC	QY18A	QY10		
Triac	100 – 240 V AC		QY22		
Transistor	5 / 12 V DC		QY70	QY71	
	12 / 24 V DC		QY40P QY50 QY80	QY41P QY81P	QY42P
	5 – 24 V DC	QY68A			

3.4.2 การเลือกดิจิตอลอินพุทโมดูล

เมื่อพิจารณาตารางที่ 3.2 จึงทำการเลือก QX41 จำนวน 1 ชิ้น ซึ่งจะมีจำนวนดิจิตอลอินพุทเท่ากับ 32 อินพุทและมีไฟขาเข้าเท่ากับ 24 VDC ดิจิตอลอินพุทโมดูลจะนำไปใช้ในการตรวจสอบสถานะการทำงานของเบอร์กิตเบรกเกอร์

ตารางที่ 3.2 ตารางสำหรับเลือกดิจิตอลอินพุทโมดูล [7]

No. of Inputs / Input voltage	Input module of MELSEC System Q			
	8	16	32	64
5 – 12 V DC		QX70	QX71	QX72
24 V DC		QX40 QX80	QX41 QX81	QX42 QX82
24 V DC (Interrupt module)		QI60		
48 V AC/DC		QX50		
100 – 120 V AC		QX10		
100 – 240 V AC	QX28			

3.4.3 การเลือกอนาลอกอินพุทโมดูล

อนาลอกอินพุตโมดูลจะถูกใช้สำหรับรับค่าจากเซนเซอร์วัดความเร็วลม เซนเซอร์วัดความชื้น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความเข้มแสง และใช้รับค่าจากเซนเซอร์อื่นๆที่อาจมีความต้องการติดตั้งเพิ่มเติมในภายหลัง เมื่อพิจารณาตารางที่ 3.3 จึงเลือก Q68ADI จำนวน 1 ชิ้น และเลือก Q68ADV จำนวน 1 ชิ้น ซึ่งจะมีอินพุทอย่างละ 8 อินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตารางสำหรับเลือกอนาลอกอินพุต [7]

Analog input	Analog input range	Selectable input ranges	Input channels	Module
Voltage	-10 to +10 V	1 to 5 V 0 to 5 V 0 to 10 V -10 to +10 V	8	Q68ADV
Current	0 to 20 mA	0 to 20 mA 4 to 20 mA	8	Q68ADI
Voltage or current (can be selected for each channel)	-10 to +10 V 0 to 20 mA	As for 68ADV and Q68ADI	4	Q64AD

3.4.4 การเลือกอินเทอร์เฟสโมดูล

เนื่องจากพาวเวอร์มิเตอร์จากหลายผู้ผลิตจะใช้การติดต่อสื่อสารแบบ RS485 และใช้โปรโตคอล Modbus เมื่อพิจารณาตารางที่ 3.4 จึงเลือก QJ71MB91 จำนวน 1 ชิ้น เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่าง PLC กับพาวเวอร์มิเตอร์ และยังสามารถใช้การสื่อสารแบบ RS232 ได้อีกด้วย

ตารางที่ 3.4 ตารางสำหรับเลือกอินเทอร์เฟสโมดูล [7]

Specifications			QJ71C24N	QJ71C24N-R2	QJ71C24N-R4	QJ71MB91
Interface type		channel 1	RS232 (9-pin Sub-D)	RS232 (9-pin Sub-D)	RS422/RS485 (screw terminals)	RS232 (9-pin Sub-D)
		channel 2	RS422/RS485 (screw terminals)	RS232 (9-pin Sub-D)	RS422/RS485 (screw terminals)	RS422/RS485 (screw terminals)
Communications mode			Full duplex/half duplex	Full duplex/half duplex	Full duplex/half duplex	Full duplex/half duplex
Synchronisation			Asynchronous communications	Asynchronous communications	Asynchronous communications	Master/Slave
Data transfer	rate	bit/s	50–230400 (channel 1 only) 115200 (channel 1+2 simultaneously)			300–115200
	distance	m	15	15	—	15
Max. no of stations in a multidrop network			No restrictions/64	—	no restrictions/64	Master (32 slaves) Slave (242)
Data format			1 start bit, 7 or 8 data bits, 1 or 0 parity bits, 1 or 2 stop bits			Modbus
Error correction			Parity check, checksum	Parity check, checksum	Parity check, checksum	—
DTR/DSR control			YES/NO selectable	YES/NO selectable	—	—
X ON/X OFF (DC1/DC3)			YES/NO selectable	YES/NO selectable	YES/NO selectable	—
I/O points			32	32	32	32
Dimensions (WxHxD)		mm	27.4x98x90	27.4x98x90	27.4x98x90	27,4x98x90
Order information		Art. no.	149500	149501	149502	167757

3.4.5 การเลือกซีพียูโมดูล

เมื่อพิจารณาตารางที่ 3.5 ในการเลือกซีพียูที่ต้องการระบบที่สามารถขยายได้อย่างมากในอนาคตจึงทำการเลือก Q06HCPU สามารถรองรับจำนวนอินพุต/เอาท์พุตของอุปกรณ์ได้ 4096 จุด รองรับโมดูลได้ 64 โมดูล และจำนวนที่สามารถต่อขยายส่วนฐานได้ 7 ส่วนฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ตารางสำหรับเลือกซีพียูโมดูล [7]

CPU Module	Number of connectable extension base units	Number of modules to be installed	Number of I/O points	
			Local (on main and extension base units)	Remote
Q00JCPU	2	16	256	2048
Q00CPU	4	24	1024	2048
Q01CPU				
Q02CPU	7	64	4096	8192
Q02HCPU				
Q06HCPU				
Q12HCPU				
Q25HCPU				

3.4.6 การเลือกส่วนฐาน

เมื่อพิจารณาในตารางที่ 3.6 ในการเลือกส่วนฐานซึ่งพิจารณาความต้องการในการขยายในอนาคตซึ่งที่เลือกในข้างต้นจะมีโมดูลที่ใช้ทั้งหมด 5 โมดูล จึงเลือกส่วนฐานเป็น Q312B ซึ่งรองรับอินพุต/เอาท์พุตโมดูลจำนวน 12 โมดูล ซึ่งยังใส่โมดูลเพิ่มได้อีก 7 โมดูลในส่วนฐานส่วนนี้ และยังสามารถใส่ส่วนฐานเพิ่มได้อีกใน PLC เพราะส่วนในส่วนซีพียูที่เลือกสามารถใส่ส่วนฐานเพิ่มเข้าไปได้อีก

ตารางที่ 3.6 ตารางสำหรับเลือกส่วนฐาน [7]

Item	Main base units				
	Q33B	Q35B	Q38B	Q38RB	Q312B
Loadable power supply modules	1	1	1	2*	1
Number of slots for I/O or intelligent funktion modules	3	5	8	8	12

3.4.7 การเลือกพาวเวอร์ซัพพลายโมดูล

การเลือกพาวเวอร์ซัพพลายโมดูลต้องคำนึงถึงการใช้กระแสของโมดูลต่างๆที่เลือกที่ใช้จากโมดูล ที่เลือกจากหัวข้อข้างต้นสามารถคำนวณการใช้กระแสได้ดังนี้

- QX41 ใช้กระแส 0.075 แอมป์
- QY41P ใช้กระแส 0.105 แอมป์
- Q68ADI ใช้กระแส 0.64 แอมป์
- Q68ADV ใช้กระแส 0.64 แอมป์
- QJ71MB91 ใช้กระแส 0.31 แอมป์
- Q06HCPU ใช้กระแส 0.64 แอมป์
- Q312B ใช้กระแส 0.121 แอมป์

รวมแล้วโมดูลทั้งหมดใช้กระแส 2.531 แอมป์ และเมื่อพิจารณาถึงความสะดวกในการจัดหาแหล่งจ่ายภายนอกแล้วจึงเลือก Q64P ซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้ทั้งหมด 8.5 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 ตารางสำหรับเลือกพาวเวอร์ซัพพลายโมดูล [7]

Item	Q63P	Q63RP	Q61P-A1	Q61P-A2	Q62P		Q64P	Q64RP
Input voltage	24 V DC		100–120 V AC	200–220 V AC	100–240 V AC		100–120 V AC 200–240 V AC	
Power consumption	45 W	65 W	105 VA	105 VA	105 VA		105 VA	160 VA
Output voltage	5 V DC		5 V DC		5 V DC	24 V DC	5 V DC	
Output current	6 A	8.5 A	6 A	6 A	3 A	0.6 A	8.5 A	

3.4.8 สรุปการเลือกส่วนประกอบของ PLC

รายการส่วนประกอบต่างๆของ PLC ที่สามารถใช้ในการควบคุมและติดตามผลระบบจำลองในรูปที่ 3.3 สามารถสรุปได้ดังนี้

- ดิจิตอลเอาท์พุตโมดูล เลือก QY41P จำนวน 1 ชิ้น
- ดิจิตอลอินพุตโมดูล เลือก QX41 จำนวน 1 ชิ้น
- อนาลอกอินพุตโมดูล เลือก Q68ADI และ Q68ADV อย่างละจำนวน 1 ชิ้น
- อินเทอร์เฟสโมดูล เลือก QJ71MB91 จำนวน 1 ชิ้น
- ซีพียูโมดูล เลือก Q06HCPU จำนวน 1 ชิ้น
- ส่วนฐาน เลือก Q312B จำนวน 1 ชิ้น
- พาวเวอร์ซัพพลายโมดูล Q64P จำนวน 1 ชิ้น

เมื่อพิจารณาตารางที่ 3.7 พบว่าซีพียูโมดูล ส่วนฐาน และพาวเวอร์ซัพพลายโมดูลสามารถใช้ร่วมกันได้

ตารางที่ 3.8 ตารางสำหรับพิจารณาการใช้งานซีพียูโมดูลพาวเวอร์ซัพพลายโมดูลและส่วนฐานร่วมกัน [7]

Power supply module	Base unit *1							CPU module *2			
	Main base unit			Extension base unit							
	Q33B Q35B Q38B Q312B	Q32SB Q33SB Q35SB	Q38RB	Q52B Q55B	Q63B Q65B Q68B Q612B	Q68RB	QA1S65B QA1S68B	Q00CPU Q01CPU	Q02CPU Q02HCPU Q06HCPU Q12HCPU Q25HCPU	Q12PHCPU Q25PHCPU	Q12PRHCPU Q25PRHCPU
Q61P-A1 Q61P-A2 Q61P Q62P Q63P Q64P	○	×	×	×	○	×	×	○	○	○	○
Q61SP	×	○	×	×	×	×	×	○	○	×	×
Q63RP Q64RP	×	×	○*3	×	×	○*3	×	○*3	○*3	○*3	○*3
A1S61PN A1S62PN A1S63P	×	×	×	×	×	×	○	×	○*4	×	×

○: Combination available ×: Combination not available

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

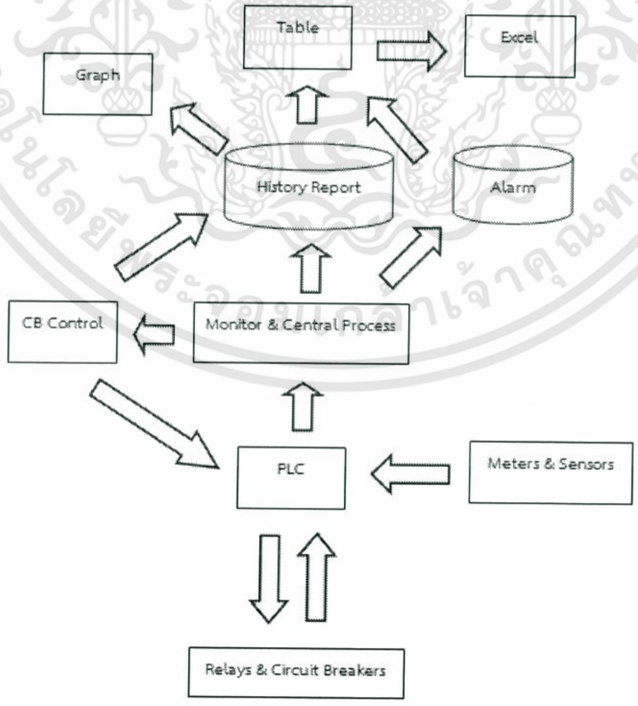
3.5 การออกแบบโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมและเฝ้าติดตามของโครงการศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต จะคำนึงถึงการนำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์วัดค่าหรือข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ เช่น กระแส แรงดัน ความเข้มแสง ความเร็วลม มาใช้ประโยชน์ในการจัดการพลังงาน หรือใช้ประโยชน์ในงานวิจัย โปรแกรมที่ออกแบบจะมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. การจำกัดผู้ใช้งาน (User-Password)
2. การแสดงค่าแบบ Real-Time
3. การแจ้งเตือน (Alarm)
4. การส่งสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์
5. การจัดเก็บข้อมูล
6. การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบตาราง (Report)
7. การแสดงผลในรูปแบบกราฟ (Trend)

3.5.1 การจัดการข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์วัดค่า เช่น กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า และข้อมูลจากอุปกรณ์ตัดต่อวงจร เช่น สถานะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะถูกส่งเข้า PLC เพื่อประมวลผลในการจัดการพลังงานแบบอัตโนมัติ (Maximize Profit และ Minimize Import) จากนั้นข้อมูลก็จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูล และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง กราฟ โดยรูปแบบของการส่งผ่านข้อมูลสามารถดูได้จากรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แบบแผนของการจัดการข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.3 “Relays & Circuit Breakers” จะส่งข้อมูลสถานะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ไปยังส่วนดิจิตอล อินพุทของ PLC และรับคำสั่งเปิด/เซอร์กิตเบรกเกอร์จากส่วนดิจิตอลเอาท์พุทของ PLC “Meters & Sensors” จะส่งข้อมูลที่ได้จากการวัดไปส่วนอนาลอคอินพุทของ PLC และส่วนการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (RS485) ของ PLC จากนั้น PLC จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ โดยใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (RS232) โดยจะใช้โปรแกรม MX-Component v.4 ช่วยในการรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC กับโปรแกรมควบคุมและติดตามผลที่ได้สร้างขึ้นมา โปรแกรมควบคุมและติดตามผลจะมีหน้าที่เก็บบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล ตรวจสอบข้อมูล แจ้งเตือนและบันทึกเหตุการณ์ผิดปกติ แสดงผลข้อมูลในรูปแบบ Real-Time รูปแบบตาราง รูปแบบกราฟ รูปแบบโปรแกรม Excel นอกจากนี้โปรแกรมควบคุมและเฝ้าติดตามยังทำหน้าที่ส่งสัญญาณคำสั่งควบคุมส่วน “Relays & Circuit Breakers” ไปยัง PLC เพื่อให้ PLC ประมวลผลคำสั่งต่อไป

3.5.2 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมควบคุมและเฝ้าติดตาม

ในการสร้างโปรแกรมควบคุมและเฝ้าติดตามจะมีโปรแกรมพื้นฐานที่ต้องใช้ดังนี้

1. Visual Basic Express 2010
2. SQL Server 2008 R2

โปรแกรม Visual Basic Express 2010 จะถูกใช้ในการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งความสามารถของโปรแกรม Visual Basic เช่น ช่องแสดงค่าข้อมูล (TextBox) จะถูกใช้ในการแสดงค่าแบบ Real-Time ตาราง (Datagridview) จะถูกใช้ในการแสดงค่าข้อมูลในอดีตในรูปแบบตาราง ส่วนโปรแกรม SQL Server 2008 R2 จะถูกใช้ในการจัดเก็บข้อมูล โปรแกรม Visual Basic Express 2010 และโปรแกรม SQL Server 2008 R2 สามารถทำการดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ของ Microsoft โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ส่วนโปรแกรมอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น MX-Component v.4 ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับ PLC และโปรแกรม GX-Developer ที่ใช้ในการเขียนคำสั่งควบคุมอัตโนมัติลงใน PLC จะมีค่าใช้จ่ายในการซื้อโปรแกรมรวมแล้ว 15000 บาท

3.5.3 การออกแบบระบบการจำกัดผู้ใช้งาน

ระบบการจำกัดผู้ใช้งานจะมีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถทำการควบคุมระบบได้เนื่องจาก โดยโปรแกรมจะออกแบบไว้ให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเรียกดูข้อมูลได้เท่านั้น ผู้ใช้จะต้องทำการกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสเพื่อเข้าสู่ระบบเพื่อที่จะสามารถควบคุมการทำงานของระบบได้

3.5.4 การออกแบบหน้าจอเบื้องต้น

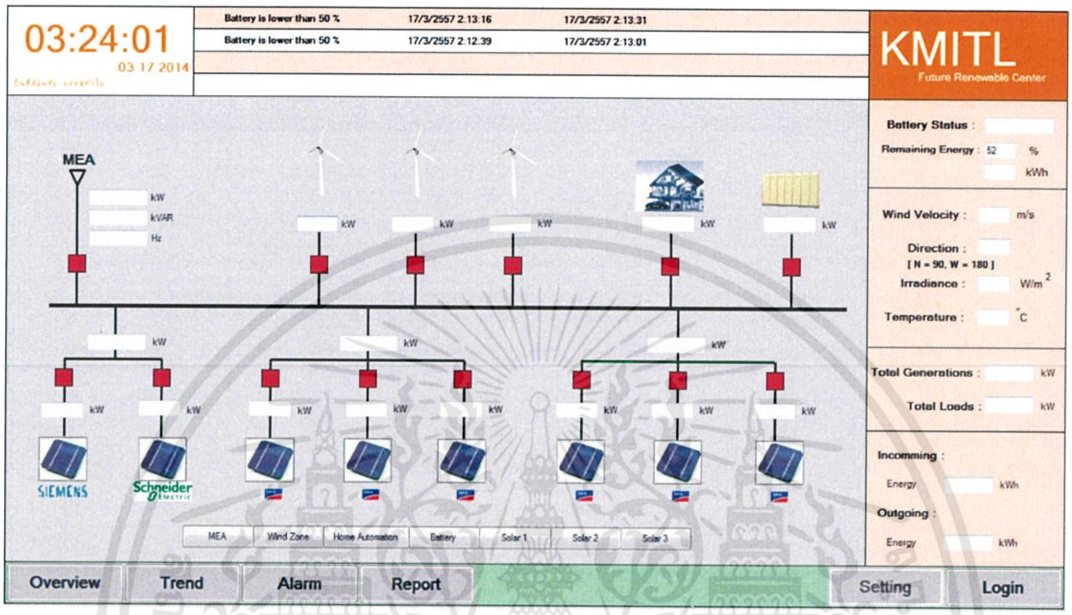
ในส่วนนี้จะแสดงถึงภาพการออกแบบหน้าจอแสดงผลเบื้องต้นด้วย Microsoft Visual Basic 2010 ซึ่งประกอบด้วยส่วนของระบบไฟฟ้าโดยรวม ส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม ส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนของการเก็บพลังงาน ส่วนของภาระไฟฟ้า

1. หน้าจอระบบไฟฟ้าโดยรวม

ในหน้าจอนี้จะแสดงค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญๆในระบบโดยรวมซึ่งจะแสดงกำลังไฟฟ้าของของระบบในจุดต่างๆ สถานะของ circuit breaker ว่าเปิดหรือปิดอยู่แสดงสถานะด้วยสีแดงและสีเขียว และพารามิเตอร์ที่สำคัญของหน้าจออื่นๆที่แสดงค่าอยู่ในด้านขวา ในหน้าจอยังประกอบไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยระบบ Alarm ซึ่งมีหน้าที่เตือนสถานะที่ผิดปกติในระบบหรือเหตุการณ์ที่สำคัญต่างๆ ปุ่ม Report ที่จะแสดงข้อมูลหรือสถานะต่างๆของระบบที่เราต้องการรู้ที่บันทึกไว้ ส่วนของ Trend ที่จะแสดงกราฟของข้อมูลของค่าต่างๆแปรไปตามเวลา และ หน้าจอซ้ายบนแสดงเวลานาฬิกา และการที่จะเข้าไปควบคุมระบบได้นั้นจะต้องล๊อกอินก่อนถึงจะสามารถเข้าไปได้

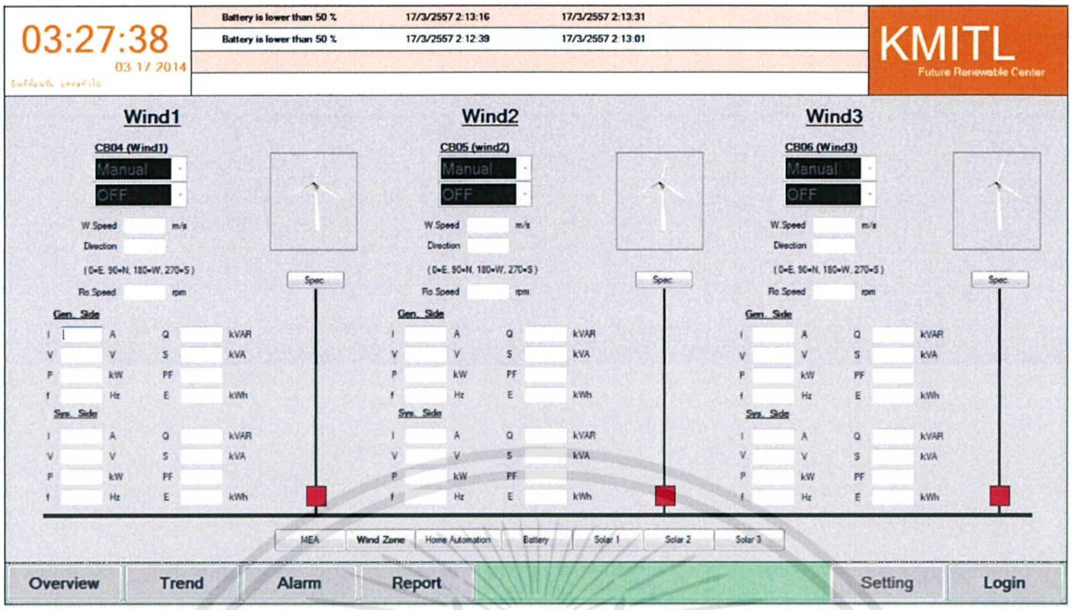


รูปที่ 3.4 หน้าจอระบบไฟฟ้าโดยรวม

2. หน้าจอแสดงผลแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

ในหน้าจอนี้จะแสดงแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมซึ่งในระบบจะมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมอยู่ 3 ต้น จะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า พลังงานลมแต่ละต้นในส่วนทั้งด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและด้านที่จ่ายไฟเข้าระบบซึ่งพารามิเตอร์ที่วัดมี ความเร็วลม ทิศทางของลม กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า ความเร็วของใบกังหันลม ซึ่งความเร็ว ทิศทางของลมที่กระทำต่อกังหันจะมีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้า ถ้ายิ่งมีลมแรงก็จะยิ่งผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากยิ่งขึ้น

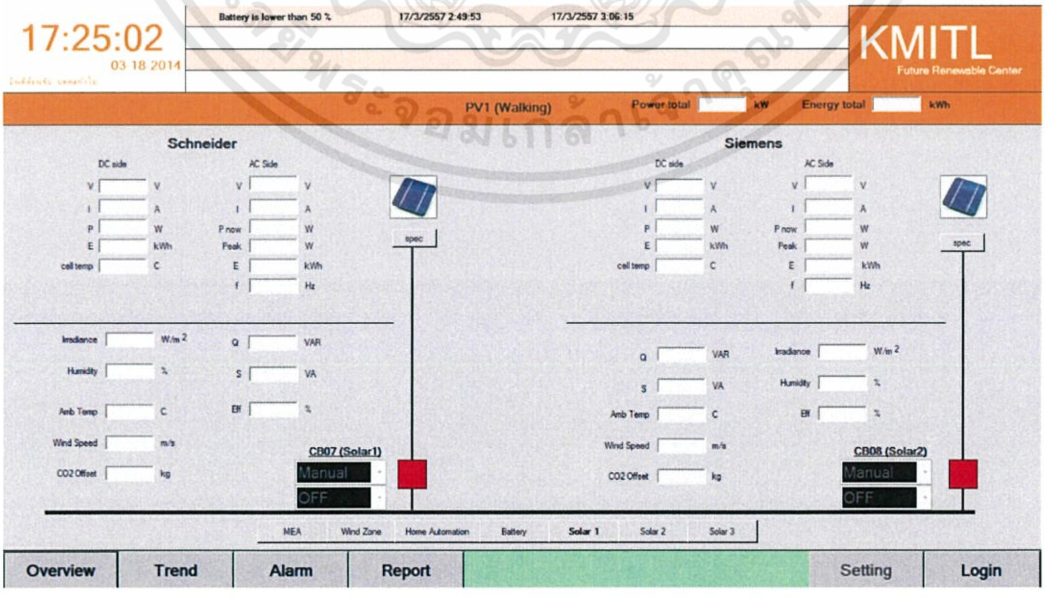
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 หน้าจอแสดงผลในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

3. หน้าจอแสดงผลแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 1

จะแสดงค่าสถานะพารามิเตอร์ต่างๆของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในส่วนที่ติดอยู่ที่ทางเดินซึ่งจะใช้อินเวอร์เตอร์ 2 ตัวโดยใช้ของ Schneider และ Siemens ซึ่งจะวัดค่าพารามิเตอร์ทั้งด้านที่เป็นไฟกระแสตรงและด้านที่เป็นไฟกระแสสลับซึ่งพารามิเตอร์ที่วัดจะวัดความเข้มแสงอาทิตย์ ความชื้น อุณหภูมิแวดล้อม อุณหภูมิของแผ่น PV แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าพลังงานไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้ารวมของในพื้นที่ๆติดตั้งนั้น พลังงานไฟฟ้ารวมของพื้นที่นั้น กำลังไฟฟ้าที่สูงสุดในวันนั้นซึ่งจะโชว์ค่าไว้ด้วย ซึ่งความเข้มแสงอาทิตย์และจะมีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้า

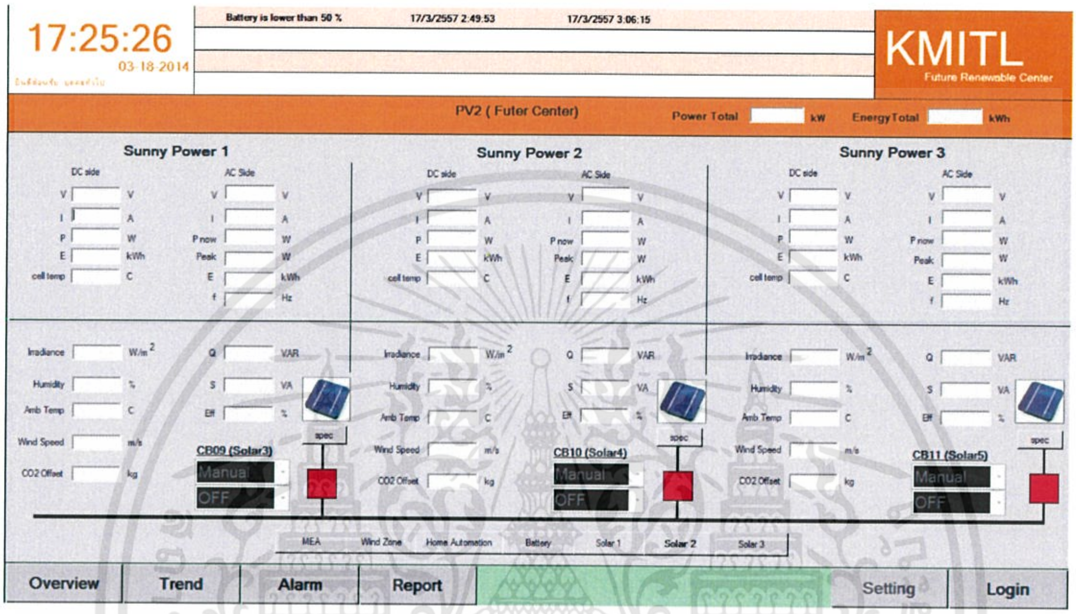


รูปที่ 3.6 หน้าจอแสดงผลในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หน้าจอแสดงผลแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 2

จะแสดงค่าสถานะพารามิเตอร์ต่างๆของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในส่วนที่ติดตั้งอยู่ที่อาคาร Futer Center ซึ่งจะใช้อินเวอร์เตอร์ 3 ตัวโดยใช้ของ Sunny Power ทั้ง 3 ตัว ซึ่งจะวัดค่าพารามิเตอร์ทั้งด้านที่เป็นไฟกระแสตรงและด้านที่เป็นไฟกระแสสลับซึ่งพารามิเตอร์ที่วัดจะเหมือนกับของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 1

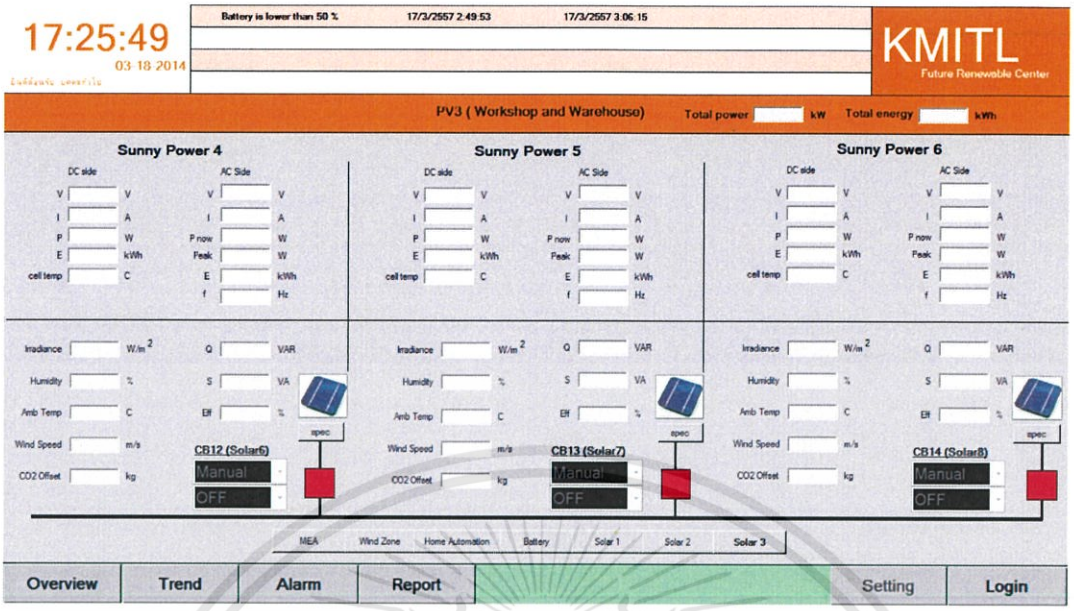


รูปที่ 3.7 หน้าจอแสดงผลในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 2

5. หน้าจอแสดงผลแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแสงอาทิตย์ 3

จะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในส่วนที่ติดตั้งอยู่ที่อาคาร Workshop and Warehouse ซึ่งจะใช้อินเวอร์เตอร์ 3 ตัวโดยใช้ของ Sunny Power ทั้ง 3 ตัว ซึ่งจะวัดค่าพารามิเตอร์ทั้งด้านที่เป็นไฟกระแสตรงและด้านที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งพารามิเตอร์ที่วัดจะเหมือนกับของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 1 และ 2

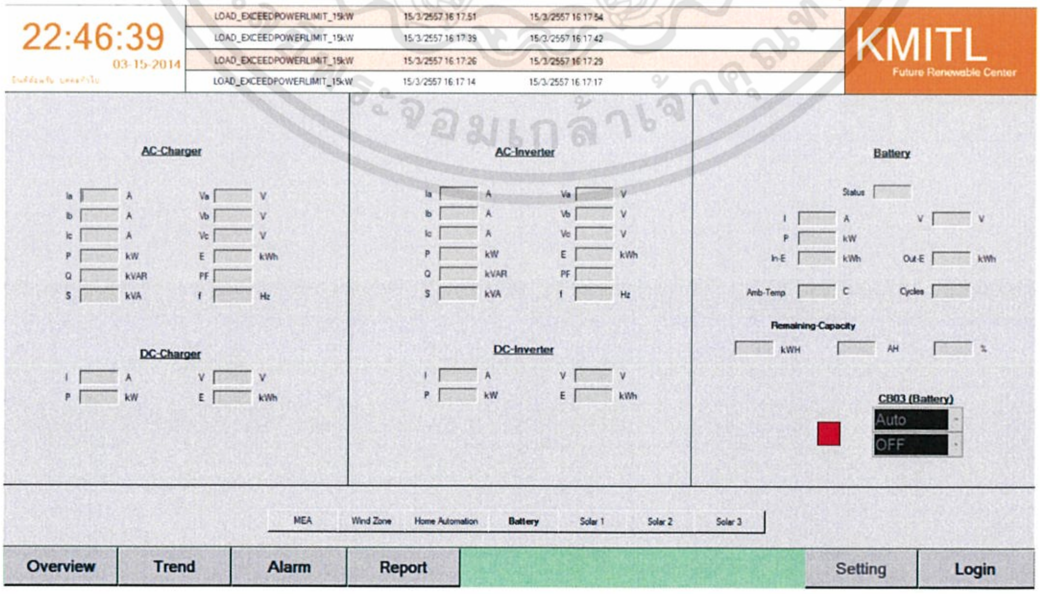
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 หน้าจอแสดงผลในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 3

6. หน้าจอแสดงผลแหล่งเก็บพลังงาน

จะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแหล่งเก็บพลังงานซึ่งจะมีทั้งด้านที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งมาจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าอื่นและด้านไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งเป็นส่วนที่แปลงไฟกระแสสลับมาจากอินเวอร์เตอร์ พารามิเตอร์ที่วัดมี กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้าด้านไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันไฟฟ้าของแต่ละเซลล์ อุณหภูมิของแบตเตอรี่ พลังงานที่เหลืออยู่ และจะแสดงสถานะของแบตเตอรี่ในขณะนั้นด้วยว่ากำลังเก็บพลังงานอยู่หรือจ่ายพลังงานซึ่งอุณหภูมิที่วัดของแบตเตอรี่นั้นจะมีผลต่อความผิดปกติที่จะเกิดขึ้นต่อแบตเตอรี่ เช่น อุณหภูมิที่สูงจะทำให้อายุการใช้งานน้อยลง

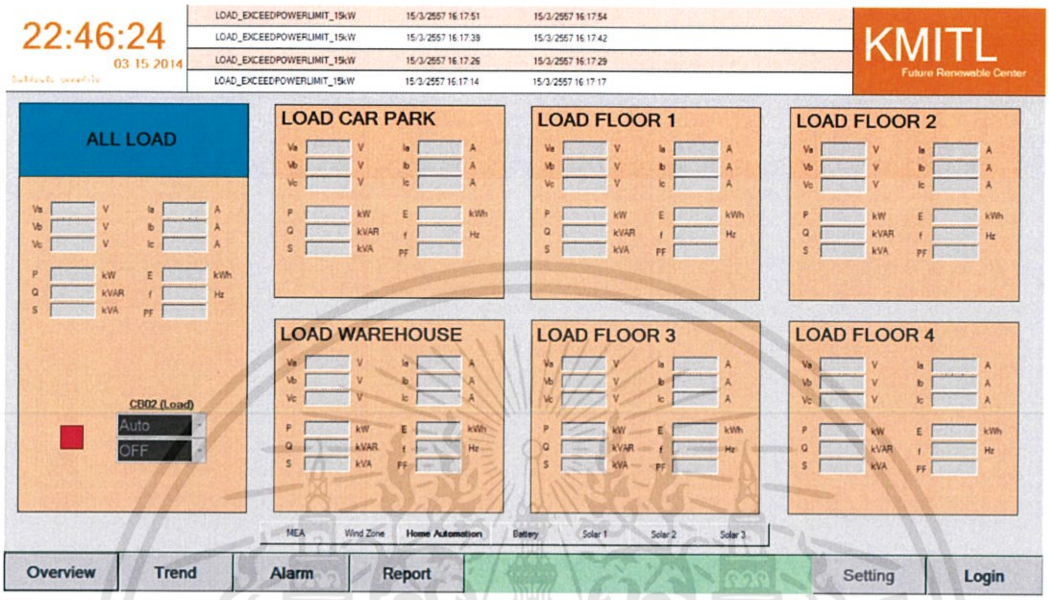


รูปที่ 3.9 หน้าจอแสดงผลในส่วนของแหล่งเก็บพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. หน้าจอแสดงผลในส่วนภาระไฟฟ้า

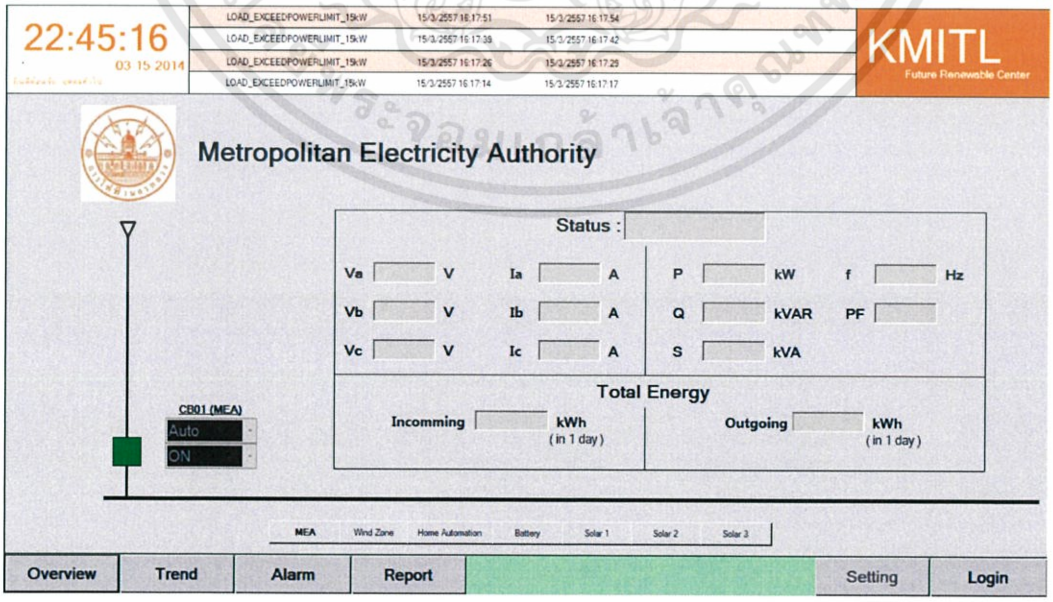
จะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของภาระไฟฟ้าที่มีอยู่ในระบบจะวัดกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า



รูปที่ 3.10 หน้าจอแสดงผลในส่วนของภาระไฟฟ้า

8. หน้าจอแสดงผลในส่วนไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

ซึ่งจะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของไฟฟ้าที่มาจากการไฟฟ้าและจะแสดงด้วยว่า ตอนนั้นใช้ไฟจากการไฟฟ้าอยู่หรือขายไฟให้การไฟฟ้า พารามิเตอร์ที่วัดมีกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ความถี่ไฟฟ้า

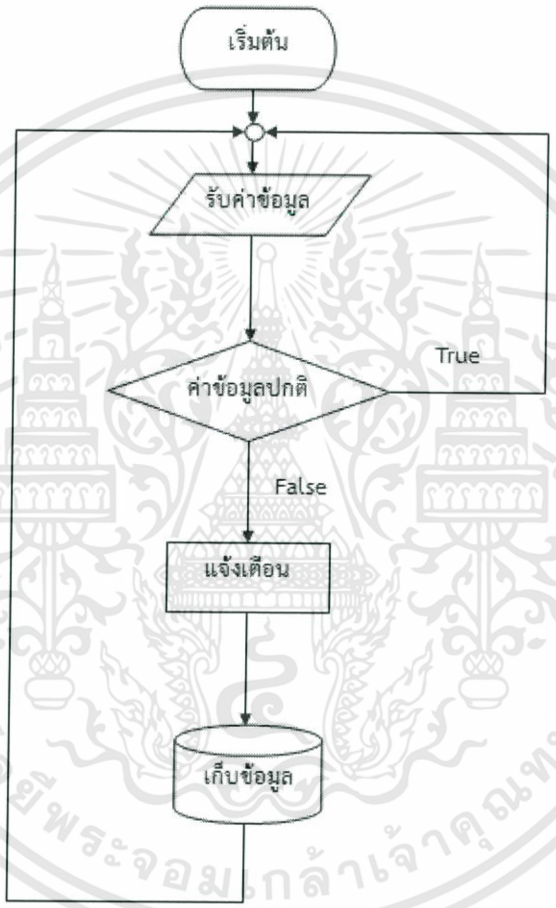


รูปที่ 3.11 หน้าจอแสดงผลในส่วนไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 การออกแบบระบบการแจ้งเตือน

ระบบการแจ้งเตือนจะมีหน้าที่แจ้งเตือนผู้ใช้งานเมื่อค่าของข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเครื่องมือวัดค่ามีความผิดปกติไม่อยู่ในขอบเขตที่ผู้ใช้ต้องการ เช่น พลังงานไฟฟ้าที่เหลืออยู่ในแบตเตอร์รี่เหลือน้อยกว่า 50 % หรือเหตุการณ์เกิดผิดปกติกับระบบ โปรแกรมก็จะทำการแจ้งเตือนผู้ใช้ในรูปแบบของเสียงและข้อความ และทำการบันทึกเหตุการณ์และเวลาที่เกิดเหตุการณ์ลงในฐานข้อมูล เพื่อที่ผู้ใช้จะสามารถกลับมาตรวจสอบวิเคราะห์ความผิดปกติในภายหลังได้ ซึ่งแนวคิดในการออกแบบระแบบแจ้งเตือนสามารถดูได้จากรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 โฟลวชาร์ทของระบบการแจ้งเตือน

3.5.6 การออกแบบหน้าจอส่วนควบคุม

หน้าจอส่วนควบคุมจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้จะใช้ในการควบคุมการ ปิด/เปิด ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยที่โหมดของการควบคุมจะแบ่งเป็น 3 โหมด คือ

1. Auto เมื่อระบบทำงานอยู่ในโหมด Auto ผู้ใช้จะต้องเลือกว่าจะให้ระบบทำงานแบบ Maximize Profit หรือ แบบ Minimize Import ซึ่งการ ปิด/เปิด ของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะถูกควบคุมอัตโนมัติโดย PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Manual เมื่อระบบทำงานอยู่ในโหมด Manual ผู้ใช้จะสามารถสั่ง ปิด/เปิด เซอร์กิตเบรกเกอร์จากคอมพิวเตอร์ได้อย่างอิสระ

3. Local โหมดการทำงาน Local ออกแบบมาเพื่อใช้สถานการณ์ที่มีการซ่อมบำรุงหรือปฏิบัติการกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่จุดติดตั้ง ซึ่งผู้ใช้จะไม่สามารถสั่ง ปิด/เปิด เซอร์กิตเบรกเกอร์จากคอมพิวเตอร์ได้ และ PLC ก็จะไม่มีการควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอัตโนมัติอีกด้วย

แนวคิดในการเขียนโปรแกรมของหน้าจอส่วนควบคุมสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.13 และการตรวจสอบความถูกต้องของการควบคุม สามารถทำได้โดยบันทึกข้อมูลคำสั่ง ปิด/เปิด เซอร์กิตทั้งหมดลงฐานข้อมูลแล้วนำมาเปรียบเทียบกับสถานะจริงของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ส่งมาจาก PLC เพื่อตรวจสอบว่าระบบควบคุมมีความผิดปกติหรือไม่

3.5.7 การออกแบบส่วนการจัดเก็บข้อมูล

ข้อมูลจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลชนิด Local Database ข้อมูลในฐานข้อมูลจะถูกจัดเก็บเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนที่บันทึกค่าของข้อมูลในอดีต เช่น ค่ากระแส ค่าแรงดัน และวันเวลาขณะที่ทำการบันทึก ซึ่งอาจจะมีการบันทึกด้วยความถี่ 15 นาทีต่อครั้ง และมีการแบ่งส่วนของการจัดเก็บแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ เช่น กลุ่มโหลด กลุ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานลม

2. ส่วนที่บันทึกการแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้น เช่น การเกิดกำลังไฟฟ้าเกิน เวลาเริ่มต้นของการแจ้งเตือน เวลาที่หยุดการแจ้งเตือน

3. ส่วนที่บันทึกคำสั่งควบคุมที่ส่งไปยัง PLC ส่วนนี้มีไว้เพื่อนำข้อมูลมาตรวจสอบว่า PLC มีการทำงานตรงตามที่ผู้ใช้งานสั่งการหรือไม่

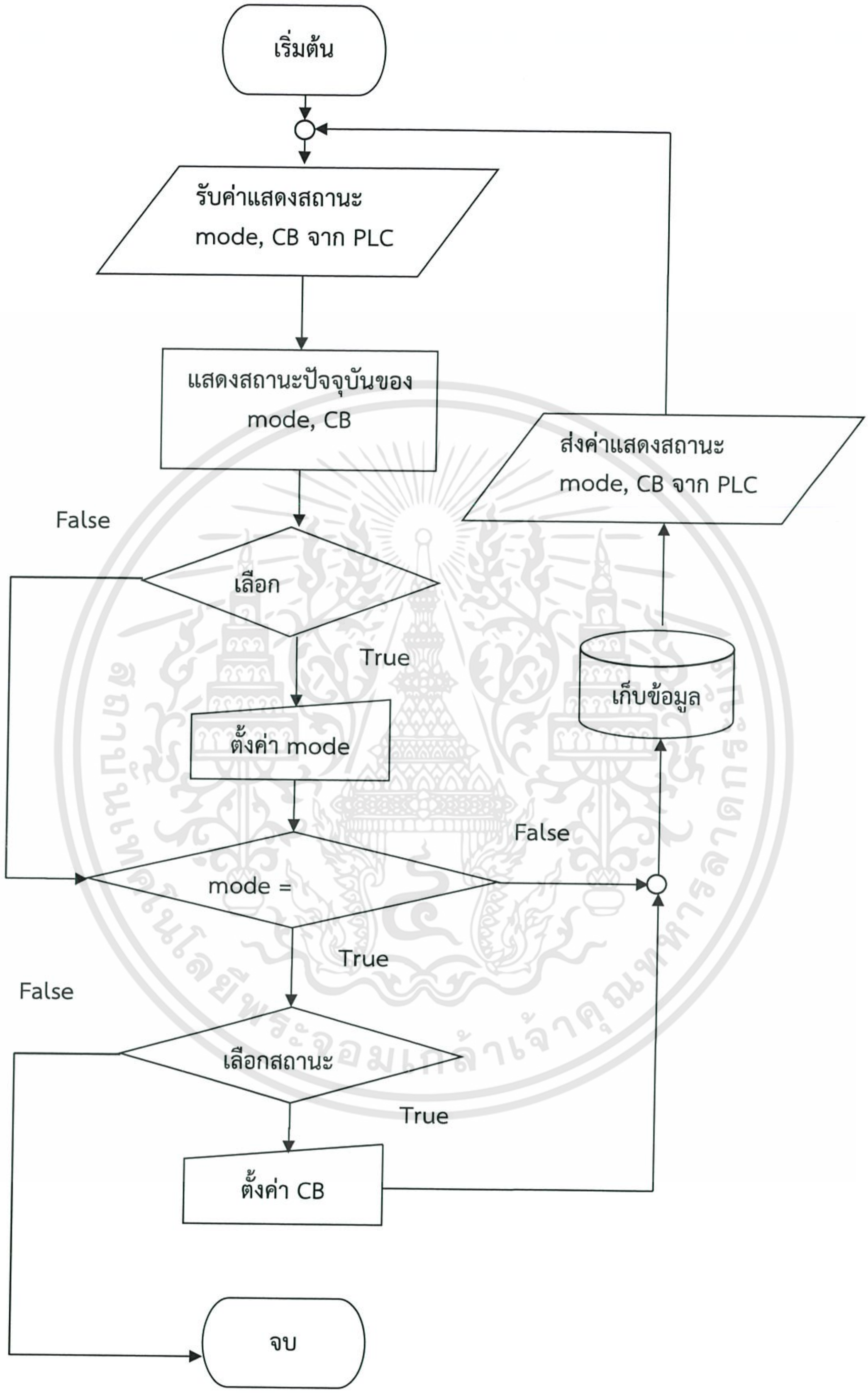
3.5.8 การออกแบบส่วนแสดงผลข้อมูลในรูปแบบตาราง

การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบตารางมีไว้เพื่อที่จะให้ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลในอดีตที่ถูกเก็บบันทึกในฐานข้อมูลในรูปแบบของตาราง ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกกลุ่มอุปกรณ์และวัน ที่ต้องการจะดูค่าได้ เช่น ผู้ใช้ต้องการจะดูค่าข้อมูลของกลุ่มโหลด ของวันที่ 14 มีนาคม 2557 ผู้ใช้ก็สามารถเลือกดูได้ นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถส่งออกข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรม Excel เพื่อนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆต่อไป

3.5.9 การออกแบบส่วนแสดงผลในรูปแบบกราฟ

การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟมีไว้เพื่อที่จะให้ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลในอดีตที่ถูกเก็บบันทึกในฐานข้อมูลในรูปแบบของกราฟ ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกกลุ่มอุปกรณ์และวัน ที่ต้องการจะดูค่าได้ เช่น ผู้ใช้ต้องการจะดูค่าข้อมูลของกลุ่มแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ของวันที่ 5 มีนาคม 2557 ผู้ใช้ก็สามารถเลือกดูได้ นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถเรียกใช้งานกราฟในแบบ Real-Time ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 โฟลวชาร์ทของส่วนการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

3.6.1 พาวเวอร์มิเตอร์ AC

พาวเวอร์มิเตอร์ในระบบไฟฟ้าที่วัดไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้วัดพารามิเตอร์ต่างๆโดยวัดได้ทั้ง แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้าเสมือน กำลังไฟฟ้าปรากฏ ความถี่ไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า โดยวัดได้ทั้งสามเฟส ซึ่งในการนำมาวัดในระบบต้องใช้ CT แปลงกระแสไฟฟ้าก่อนถึงจะวัดได้โดยตัวอย่างพาวเวอร์มิเตอร์ที่เลือกใช้ จะต้องใช้ CT แปลงกระแสเป็น 5 A ก่อนถึงจะวัดได้และเชื่อมต่อข้อมูลกับ PLC ด้วย RS-485

รูปที่ 3.14 พาวเวอร์มิเตอร์ AC [17]

3.6.2 พาวเวอร์มิเตอร์ DC

พาวเวอร์มิเตอร์ที่ใช้วัดในไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะใช้คนละตัวกับพาวเวอร์มิเตอร์ที่ใช้ในไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งจะวัดค่า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ซึ่งการที่จะนำมาใช้ได้นั้นเราต้องรู้ค่ากระแสในระบบที่วัดด้วยโดยตัวพาวเวอร์มิเตอร์จะมีตัวต้านทานมาขนานต่อเพื่อให้ได้ค่ากระแสในช่วงที่ต้องการวัดได้ ตัวอย่างพาวเวอร์มิเตอร์ที่วัดไฟฟ้ากระสตรง และเชื่อมต่อข้อมูลกับ PLC ด้วย RS-485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 พาวเวอร์มิเตอร์ DC [16]

3.6.3 เซนเซอร์วัดความเข้มแสงอาทิตย์

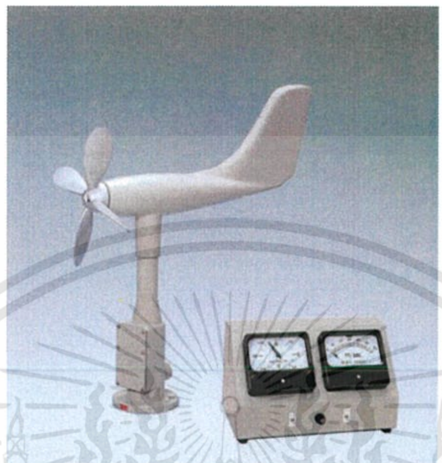
ในระบบไฟฟ้าในส่วนของ PV ต้องการวัดความเข้มแสงอาทิตย์เป็นส่วนสำคัญซึ่งจะมีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าในเวลาต่างๆของวันซึ่งจะมีความเข้มแสงอาทิตย์ไม่เท่ากันตัวอย่างเซนเซอร์ที่ใช้วัดความเข้มแสงอาทิตย์ ซึ่งตัวทรานสมิตเตอร์นั้นใช้การส่งสัญญาณได้ทั้งกระแสและแรงดันโดยใช้โปรโตคอลการสื่อสาร HART โปรโตคอลซึ่งส่งผลต่อการเลือก PLC ด้วย

รูปที่ 3.16 เซนเซอร์วัดความเข้มแสงอาทิตย์ [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 เซนเซอร์วัดความเร็วลมและทิศทางลม

จะใช้วัดความเร็วลมในขณะนั้นและทิศทางของลมซึ่งจะมีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าของกังหันลมโดยถ้าลมยิ่งแรงก็จะยิ่งทำให้ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างเซนเซอร์วัดความเร็วลมซึ่งจะวัดได้ทั้งความเร็วลมและสามารถบอกทิศทางลมได้ด้วย



รูปที่ 3.17 เซนเซอร์วัดความเร็วลมและทิศทางลม [15]

3.6.5 เซนเซอร์วัดความชื้น

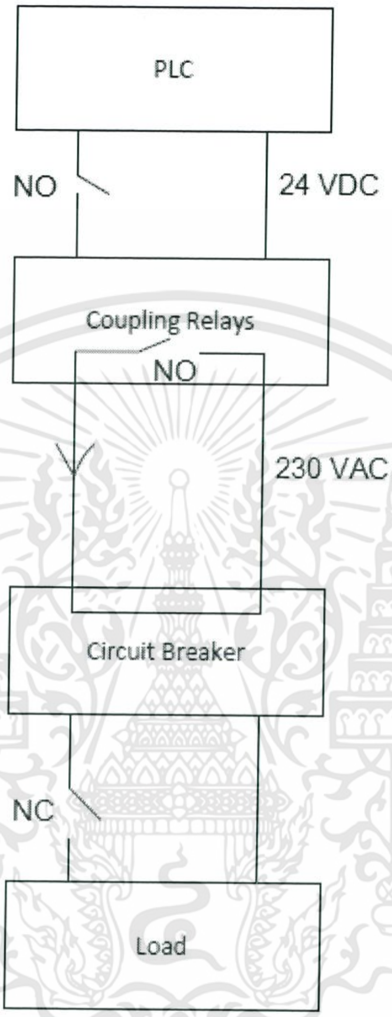
ใช้วัดความชื้นโดยรอบตัวอย่างเซนเซอร์วัดความชื้นที่ใช้ สื่อสารกับ PLC โดยส่งสัญญาณเป็นอนาล็อกอินพุตกระแส 4-20 mA

รูปที่ 3.18 เซนเซอร์วัดความชื้น [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 หลักการควบคุมการเปิดหรือปิดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์

สามารถอธิบายได้ดังรูป



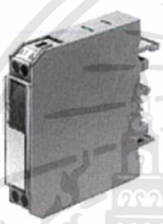
รูปที่ 3.19 การทำงานควบคุมการเปิดหรือปิดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์

โดยการทำงานนั้นโดยปกติเซอร์กิตเบรกเกอร์จะปิดวงจรอยู่ แต่เมื่อรีเลย์ด้านเอาท์พุตของ PLC ส่งสัญญาณ 1 จะมีแรงดัน 12-24 VDC ทำให้มีกระแสไหลส่งไปที่ Coupling Relays เมื่อมีกระแสไหลเข้า Coil ของ Coupling Relays จะทำให้หน้าสัมผัสปกติ NO ปิดวงจรแล้วจะส่งกระแสไปที่ Shunt Trip ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทำให้หน้าสัมผัสปกติ NC ของเซอร์กิตเบรกเกอร์เปิดวงจร ตัวอย่างอุปกรณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เลือกใช้และมีขายอยู่ทั่วไปและ Coupling Relays แสดงได้ดังรูป โดย Coupling Relays เลือกอินเตอร์เฟซด้านอินพุตเข้ามาจาก PLC คือ อินเตอร์เฟซ AC/DC 24 V และอินเตอร์เฟซด้านขาออกของ Coupling Relays ใช้อินเตอร์เฟซ AC/DC 230 V ซึ่งจะต่อเข้ากับเซอร์กิตเบรกเกอร์ ส่วนตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้น ซึ่งจะเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตามช่วงของกระแสที่ไหลในวงจรซึ่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้จะรับแรงดันได้ถึง 600 V และจะรับกระแสได้เพิ่มขึ้นตามชนิดของรุ่นแสดงได้ดังรูป

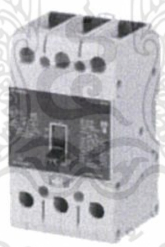
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rated control supply voltage U_s	Contacts Version		Width	DT
AC 50/60 Hz	S	W	mm	
3TX7 002 and 3TX7 003 relay connectors				
Output interfaces				
AC/DC 24 V	1	–	11.5	►
AC/DC 24 V	1 (hard gold-plated)	–		►
AC/DC 24 V	–	1	17.5	►
AC/DC 230 V	–	1		►
AC/DC 24 V	2[1])	–	22.5	►
AC/DC 24 V	–	2 (hard gold-plated)[1])		►
Input interfaces				
AC/DC 24 V	1	–	11.5	►
AC/DC 110 V	1	–		►
AC/DC 230 V[1])	1	–	11.5	►
AC/DC 230 V[1])	1	–		►
AC/DC 230 V	–	1 (hard gold-plated)[2])	17.5	►

3TX7 002


3TX7 002

รูปที่ 3.20 Coupling Relays ที่แรงดันต่างๆ

Frame Family	**GG**	**EG**
		
Continuous Ampere Range	15 to 125A	15 to 125A
Number of Poles	1, 2, 3	1, 2, 3, 4
Maximum Voltage Rating	600Y/347V	600Y/347V

รูปที่ 3.21 ชนิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ช่วงกระแสต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

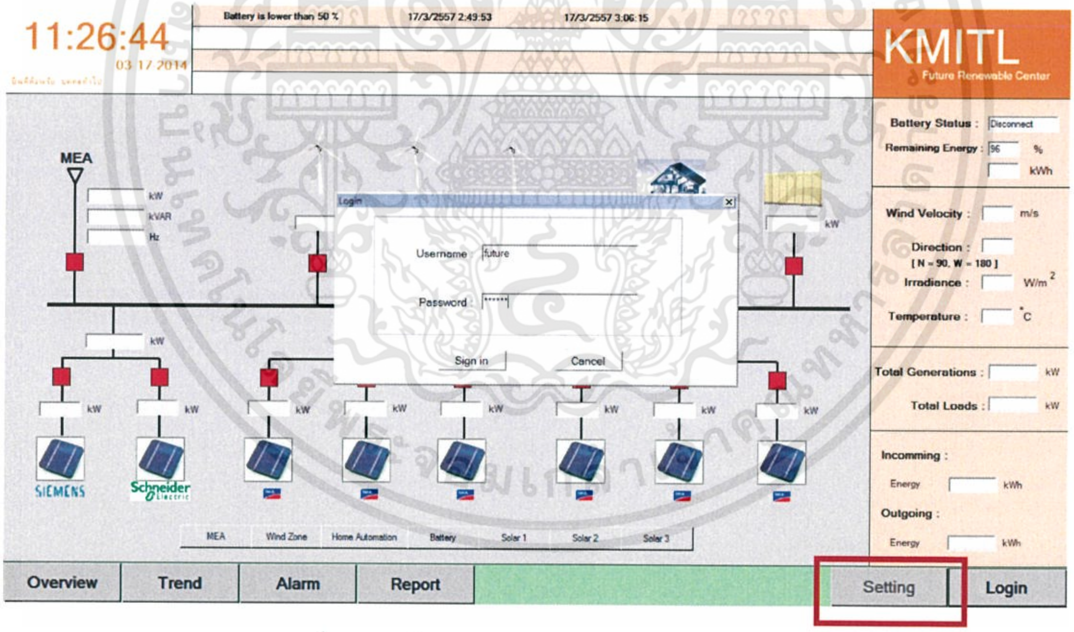
บทที่ 4
ผลการทำงานของโปรแกรม

4.1 การทำงานของระบบโดยรวม

การทำงานของระบบจะแบ่งเป็นส่วนระบบของการควบคุมและส่วนแสดงผลซึ่งในส่วนของการควบคุมนั้นจะใช้ PLC ในการควบคุมและในส่วนแสดงผลจะใช้โปรแกรม Visual Basic ในการออกแบบหน้าจอแสดงผลโดยการเชื่อมต่อระหว่าง PLC กับโปรแกรม Visual Basic นั้นจะใช้โปรแกรม mx component ช่วยในการสื่อสารข้อมูลระหว่างกันโดย PLC จะรับค่ามาจากเซนเซอร์และมิเตอร์ที่วัดค่ามาจากที่ต่างๆมาประมวลผลตามโปรแกรมที่ได้โปรแกรมไว้ใน PLC แล้วขึ้งส่งค่ามาแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ได้

4.2 การทำงานของระบบควบคุมของโปรแกรม

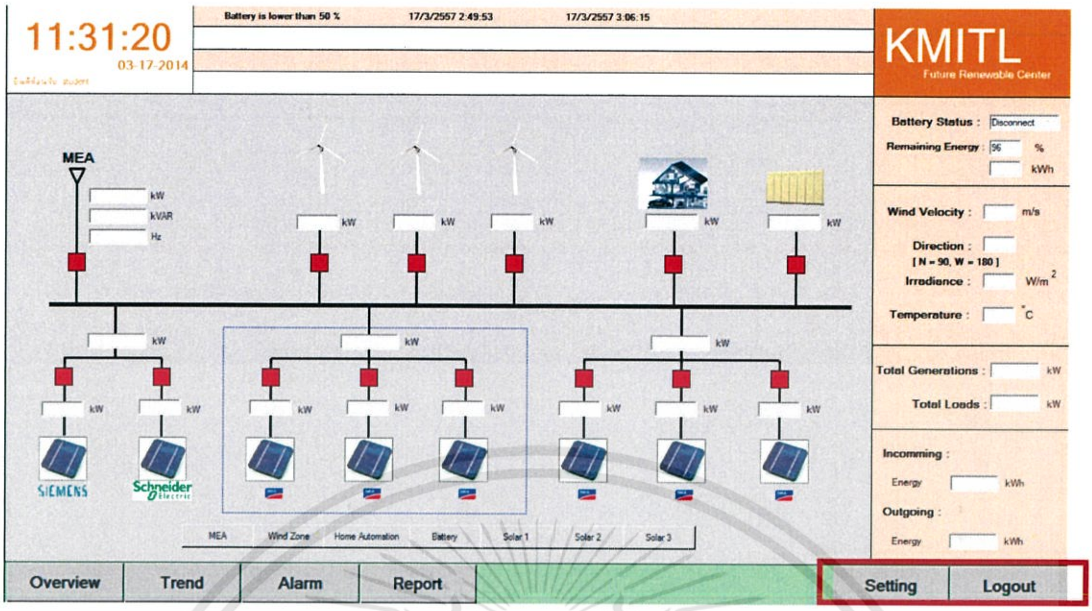
ในการทำงานในส่วนควบคุมของหน้าจอแสดงผลนั้นในหน้าจอก่อนที่จะควบคุมได้จะต้องล๊อกอินเข้าไปในระบบก่อนซึ่งจะต้องใช้รหัสผ่านในการเข้าไปเพื่อที่จะป้องกันเหตุอันตรายจากการเผลอไปกดปุ่มที่หน้าจอ หรือจากคนที่เข้ามาเล่นที่ไม่เกี่ยวข้องซึ่งจะมีคนที่รู้รหัสผ่านเท่านั้นที่จะสามารถควบคุมระบบจากหน้าจอแสดงผลได้



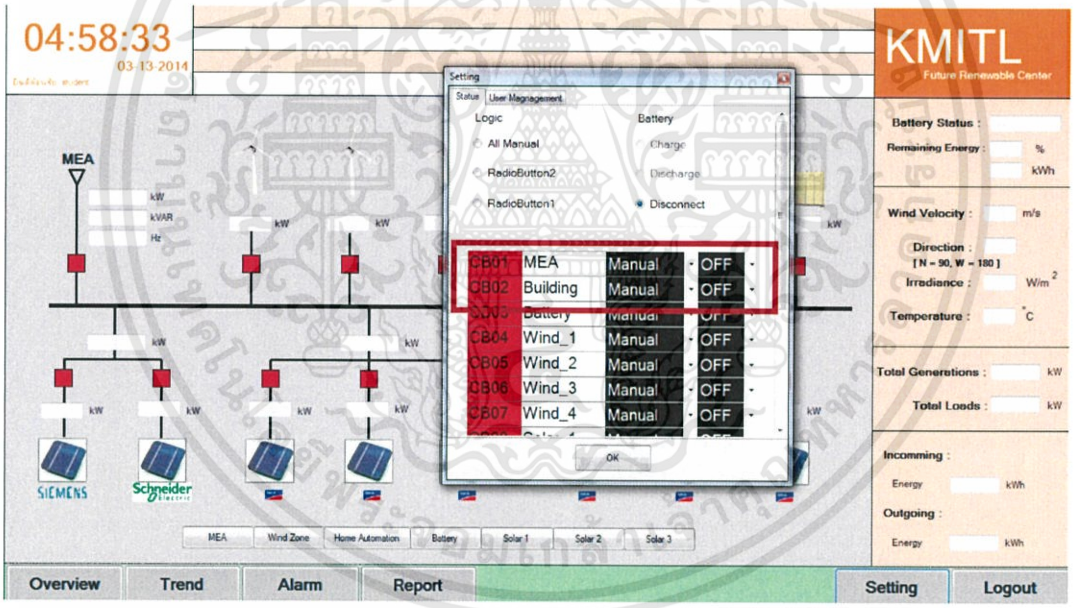
รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงผลในส่วนของการล๊อกอิน

ซึ่งเมื่อล๊อกอินเข้าไปแล้วจะเข้าไปที่หน้า Setting ได้จะสามารถควบคุมการเปิดปิดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่พื้นที่ต่างๆ จะเห็นว่าถ้าไม่ได้ล๊อกอินปุ่ม Setting จะเป็นสีเทาจะไม่สามารถกดเข้าไปได้และเมื่อล๊อกอินเข้าไปแล้วที่ตำแหน่งคำว่า Login จะเปลี่ยนเป็น Logout และปุ่ม Setting จะไม่เป็นสีเทาและสามารถกดเข้ไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงผลเมื่อล๊อกอินเข้ามาแล้ว

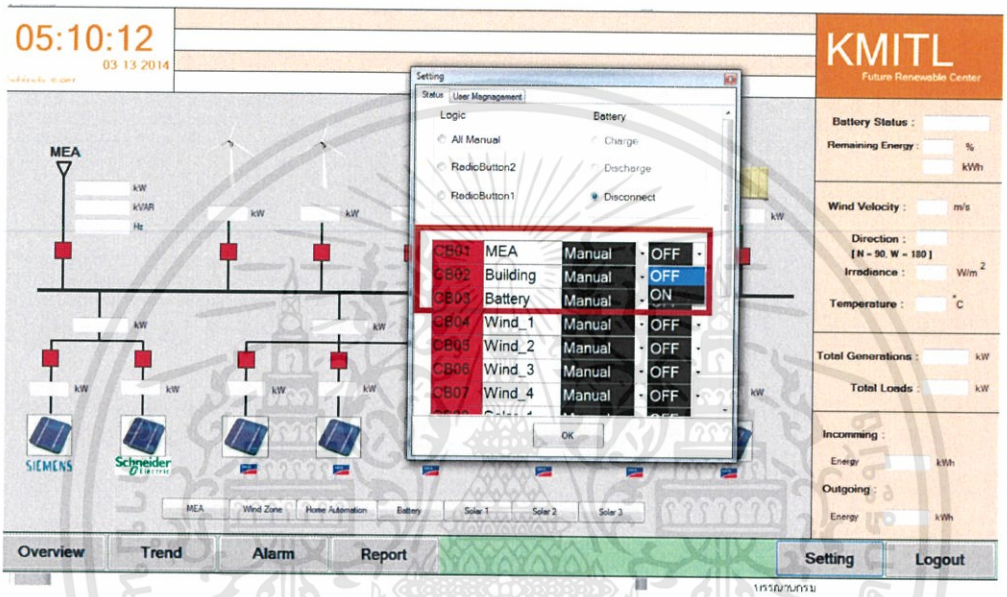


รูปที่ 4.3 หน้าจอ Setting ในส่วนของการควบคุม

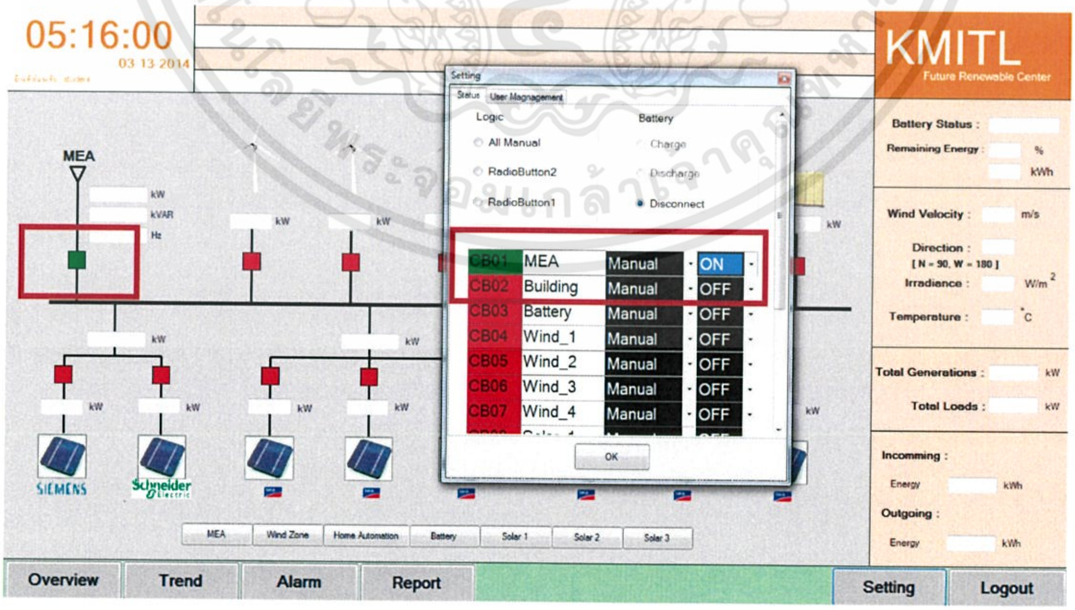
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมนั้นจะแบ่งเป็น 3 โหมดคือ ในโหมด Manual Auto และ Local

1. โหมด Manual ในโหมดนี้ที่หน้าจอแสดงผลจะสามารถควบคุมการเปิดปิดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้จากโปรแกรมในรูป CB01 จะเปิดวงจรอยู่ในโหมด Manual จะสามารถกดเลือกลงมาเป็น ON ได้ซึ่งถ้ากดเลือก ON ที่ CB01 ที่ต่อกับระบบในส่วน MEA จะกลายเป็นสีเขียวแสดงว่าปิดวงจรอยู่จะเห็นว่าที่หน้าจอหลักในส่วนพื้นที่ MEA ที่เซอร์กิตเบรกเกอร์จะกลายเป็นสีเขียวด้วยและที่หน้าจอย่อยในส่วน MEA เซอร์กิตเบรกเกอร์ก็จะเป็นสีเขียวเช่นกันและจะบอกสถานะเป็น Manual กับ ON เช่นเดียวกับหน้า Setting

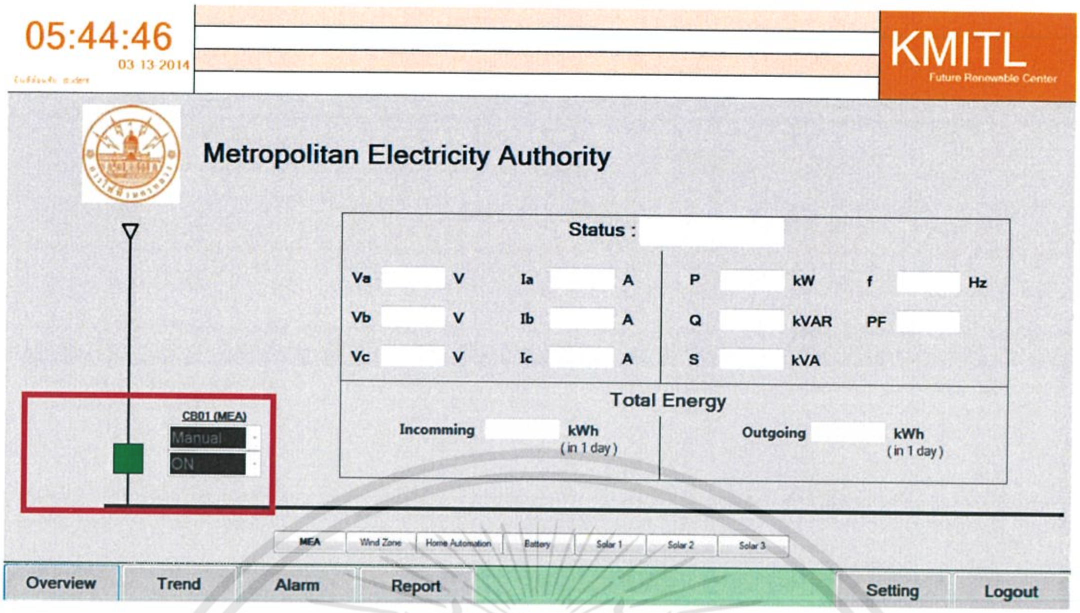


รูปที่ 4.4 หน้าจอ Setting ในส่วนการควบคุมเลือก ON หรือ OFF



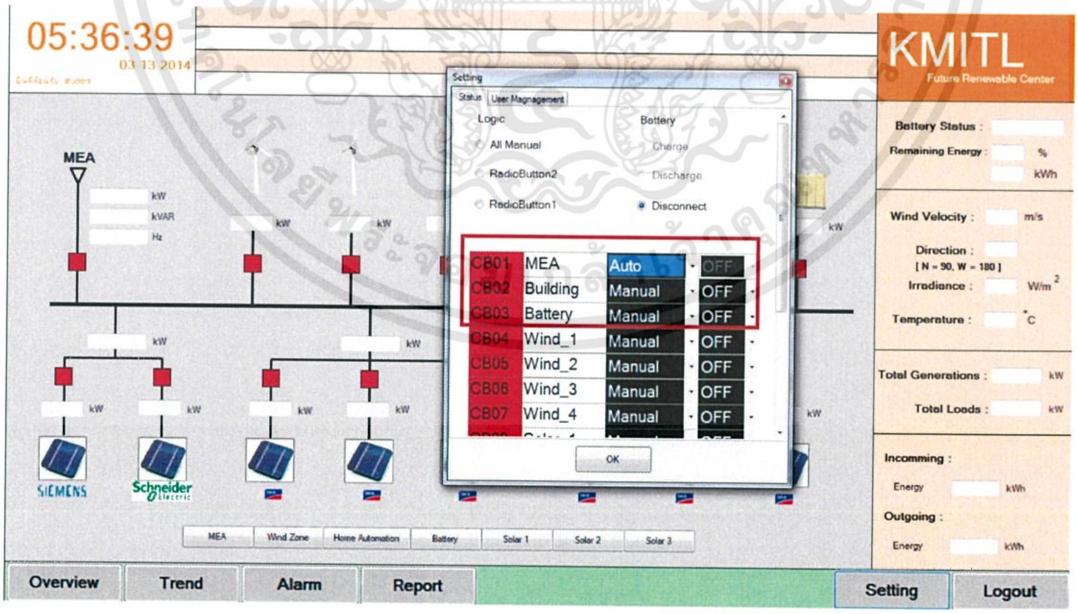
รูปที่ 4.5 หน้าจอ Setting ในส่วนการควบคุมเมื่อเลือก ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



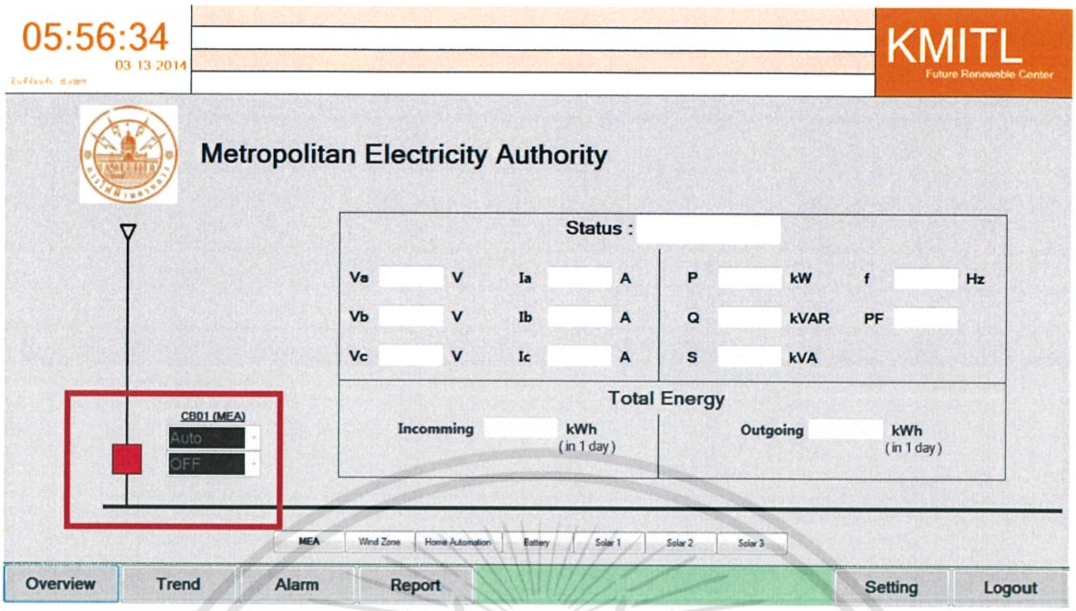
รูปที่ 4.6 หน้าจอ MEA เมื่อ CB01 ปิดวงจร

2. โหมด Auto ในโหมดนี้หมายความว่าที่หน้าจอแสดงผลในส่วน Setting นั้นจะไม่สามารถควบคุมการเปิดปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ โดยจะให้เซอร์กิตเบรกเกอร์เปิดหรือปิดวงจรโดยอัตโนมัติจากการควบคุมของ PLC ที่ได้เขียนโปรแกรมการทำงานเอาไว้ซึ่งจากภาพจะเห็นว่าที่ตัวอักษร OFF จะเป็นสีเทาซึ่งจะไม่สามารถกดเลื่อนลงมาเปลี่ยนเป็น ON ได้และที่หน้าจอย่อย MEA ตัวอักษรแสดงโหมดก็จะเปลี่ยนเป็น Auto เช่นเดียวกับที่หน้าจอ Setting



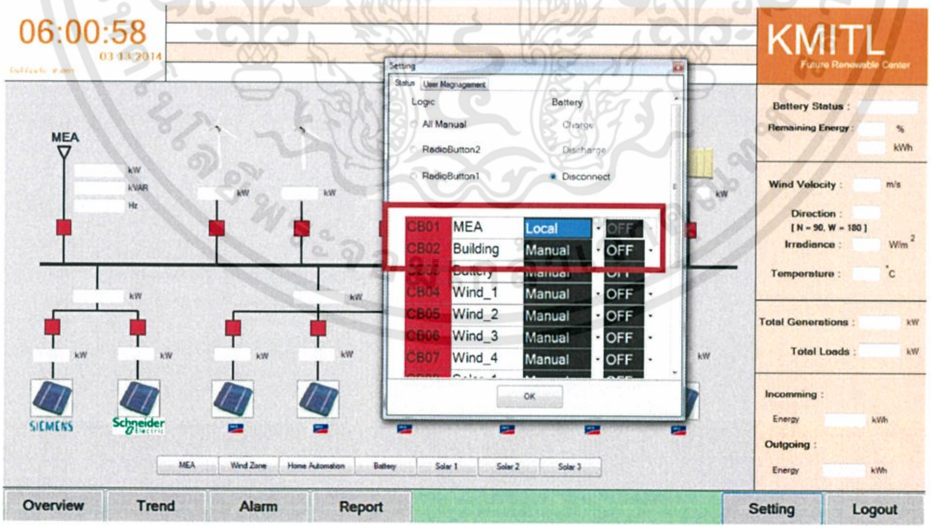
รูปที่ 4.7 หน้าจอ Setting ในส่วนควบคุมในโหมด Auto

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



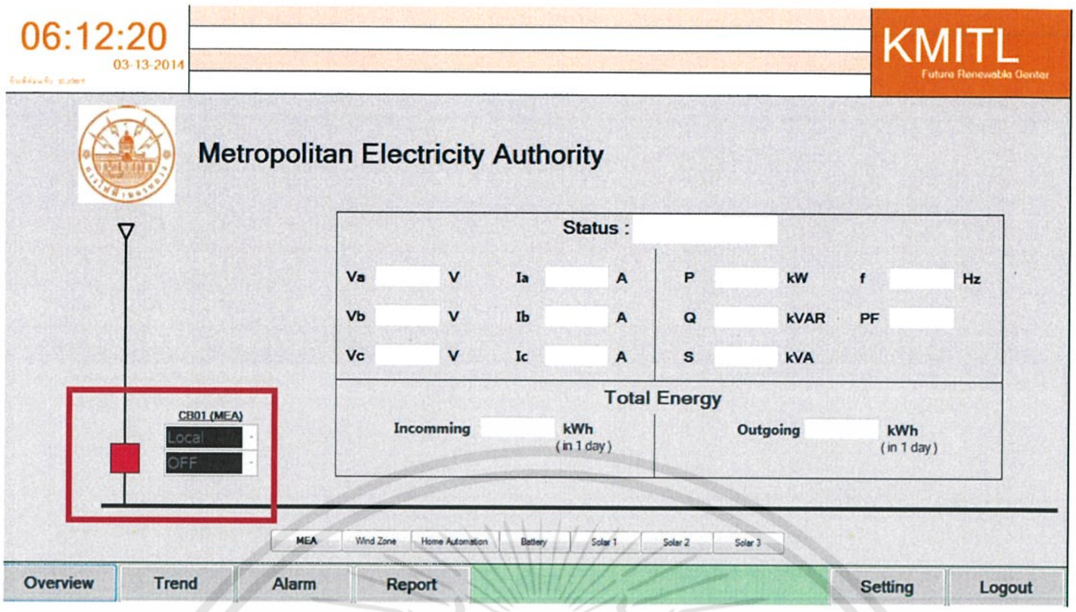
รูปที่ 4.8 หน้าจอ MEA ในโหมด Auto

3. โหมด Local ในโหมดนี้หมายว่าจะไม่สามารถควบคุมการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่หน้าจอแสดงผลและจะไม่ทำงานตามโปรแกรมการควบคุมของ PLC ด้วยซึ่งการจะไปเปิดหรือปิดวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้นั้นต้องไปทำที่พื้นที่นั้นเท่านั้นโดยต้องไปสับสวิตซ์ด้วยตนเองซึ่งจะเห็นว่าที่ตัวอักษร OFF จะเป็นสีเทาและไม่สามารถเลื่อนลงมาเลือกเป็น ON ได้และที่หน้าจอย่อย MEA ตัวอักษรแสดงโหมดก็จะเปลี่ยนเป็น Local เช่นเดียวกับหน้าจอ Setting



รูปที่ 4.9 หน้าจอ Setting ในส่วนการควบคุมโหมด Local

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

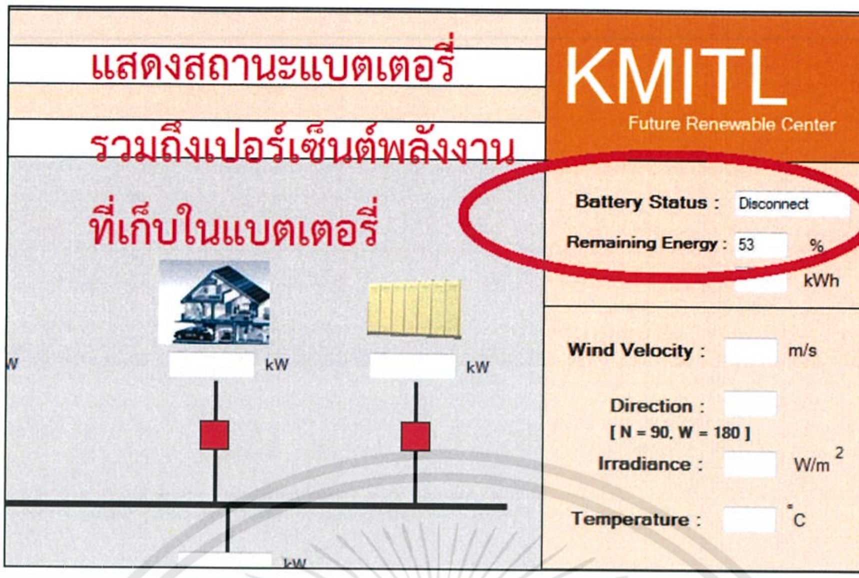


รูปที่ 4.10 หน้าจอ MEA ในโหมด Local

4.3 การทำงานของระบบ Alarm ของโปรแกรม

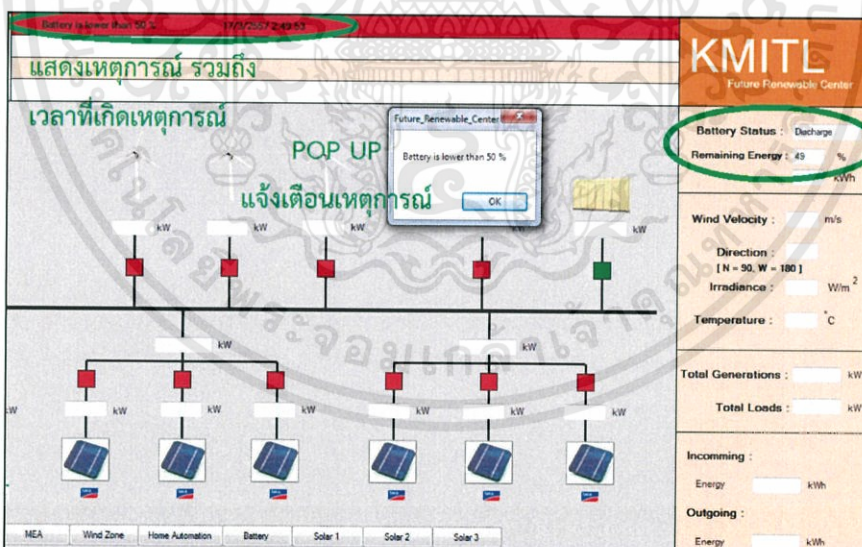
ในส่วนของการทำงานของระบบ Alarm นั้น ควรมีการแจ้งเตือนหลายระดับ โดยเมื่อค่าที่แสดงที่หน้าจอควบคุมได้มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่ตั้งค่าไว้ จะมีเสียงเตือนดังขึ้น และมีข้อความซึ่งบอกเหตุการณ์ที่เกิด เวลาที่เกิดเหตุการณ์ เวลาที่เหตุการณ์สิ้นสุด แสดงไว้ด้านบนของหน้าจอระบบควบคุม รวมถึงอาจจะมีข้อความที่เป็น pop up แสดงขึ้นมาด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความอันตรายของเหตุการณ์ที่ได้ทำการออกแบบไว้ และมีหน้า Alarm ที่สามารถแสดงรายละเอียดการแจ้งเตือนที่เคยเกิดขึ้นทั้งที่เป็นรายวันหรือเหตุการณ์ที่เกิดการแจ้งเตือนทั้งหมดได้ ซึ่งในระบบที่ออกแบบได้ทำการยกตัวอย่างการแจ้งเตือนระดับเบื้องต้นไว้ โดยได้ทำการยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่ระดับพลังงานของแบตเตอรี่ได้ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และมีการแจ้งเตือนว่าระดับพลังงานที่สำรองไว้มีน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของระดับพลังงานที่สามารถเก็บสำรองได้จากรูปที่ 4.11 เป็นรูปที่แสดงระดับพลังงานที่เก็บในแบตเตอรี่ ที่มีระดับพลังงานที่ใกล้การเกิด Alarm ซึ่งได้ออกแบบให้เกิดการ Alarm ที่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 สถานะปกติของแบตเตอรี่

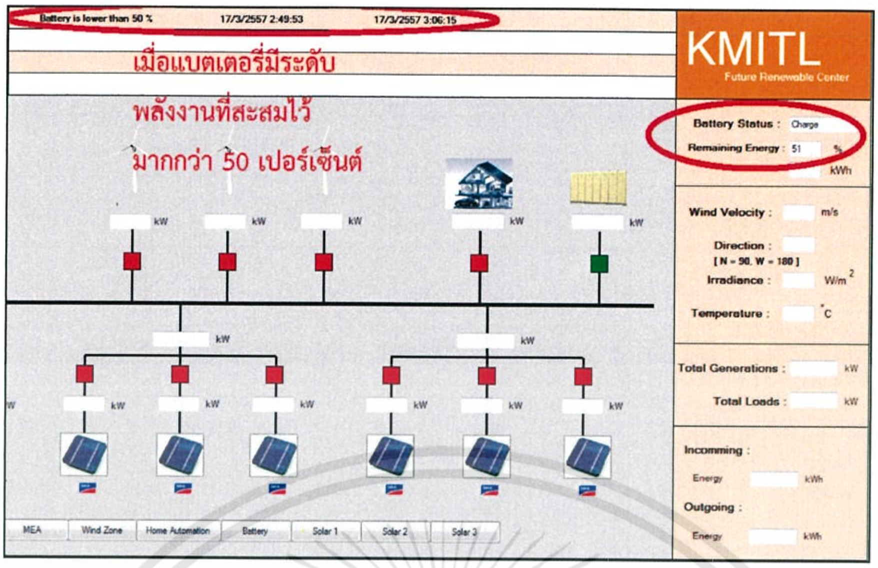
จากรูปที่ 4.11 เป็นรูปที่สั่งให้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานออกไปจนมีค่าต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดการ Alarm และมี pop up เตือนขึ้นมา รวมถึงมีเสียงเตือนและข้อความที่แสดงเหตุการณ์ เวลาที่เกิดเหตุการณ์ แสดงขึ้นมาที่ส่วนด้านบนระบบควบคุม และเมื่อกดปุ่ม OK เสียงเตือนจะหยุดลง



รูปที่ 4.12 เหตุการณ์เมื่อเกิดการ Alarm

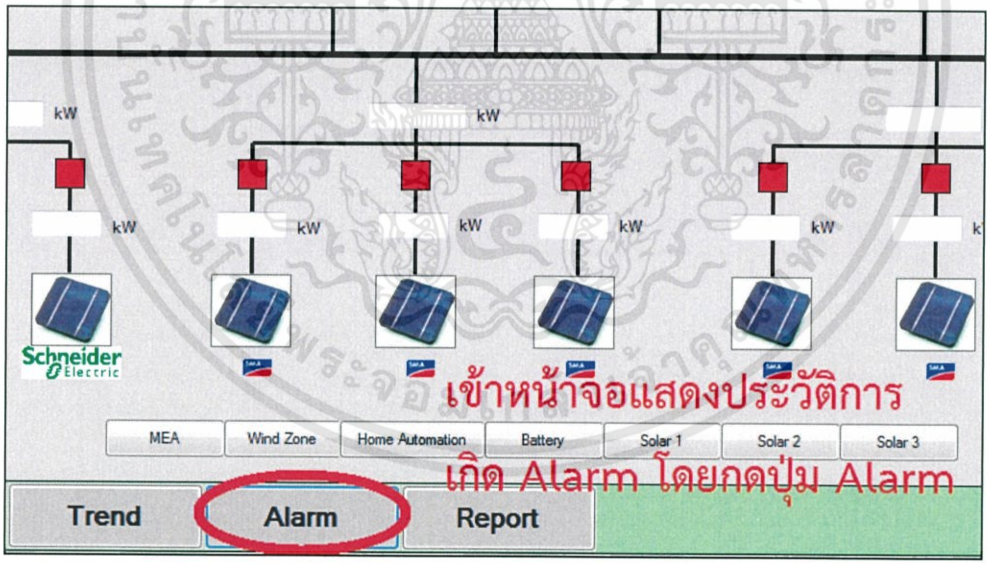
จากรูปที่ 4.12 เป็นรูปที่แสดงเหตุการณ์เมื่อระดับพลังงานที่สะสมไว้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการ Alarm จะปรากฏข้อความเวลาที่เหตุการณ์สิ้นสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 เหตุการณ์เมื่อระดับพลังงานสูงกว่า 50% หลังการ Alarm

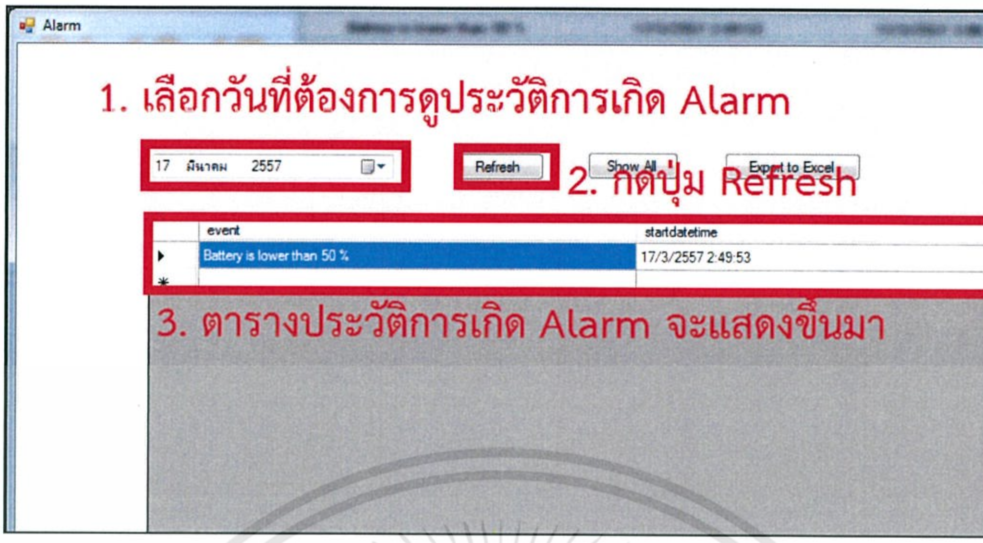
นอกจากการออกแบบระบบ Alarm ที่ได้แสดงไว้ข้างต้นแล้ว ยังได้ออกระบบตารางที่แสดงประวัติการเกิด Alarm เพื่อที่จะสามารถทราบได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดในอดีตได้อีกด้วย จากรูปที่ 4.14-4.16 แสดงภาพหน้าจอตารางการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ



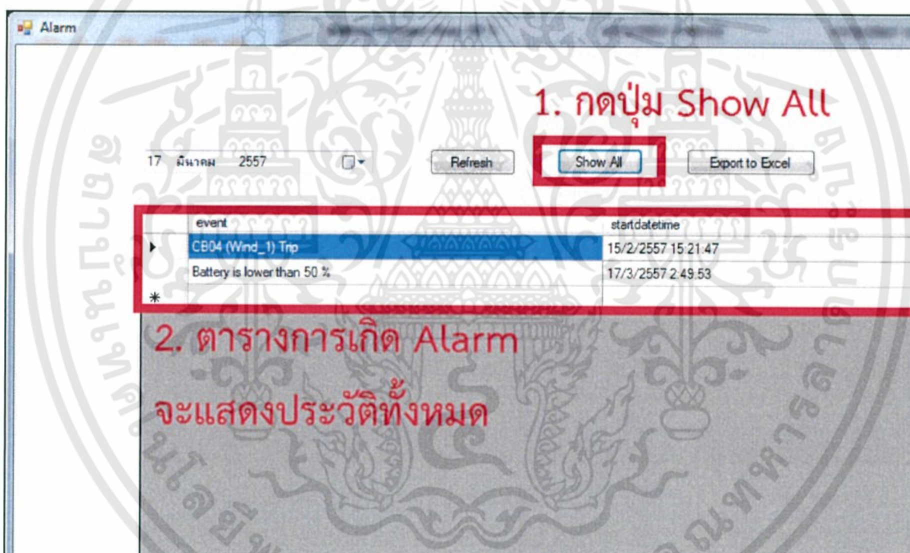
รูปที่ 4.14 หน้าจอแสดงตารางการเกิดเหตุการณ์

ในการแสดงประวัติการเกิด Alarm สามารถทำได้ 2 วิธี แบบที่ 1 การแสดงประวัติ Alarm แบบระบุวันที่ และแบบที่ 2 การแสดงประวัติการเกิด Alarm ทั้งหมด รูปที่ 4.15 เป็นการแสดงตารางการเกิด Alarm แบบระบุวันที่ และรูปที่ 4.16 เป็นการแสดงตารางการเกิด Alarm ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



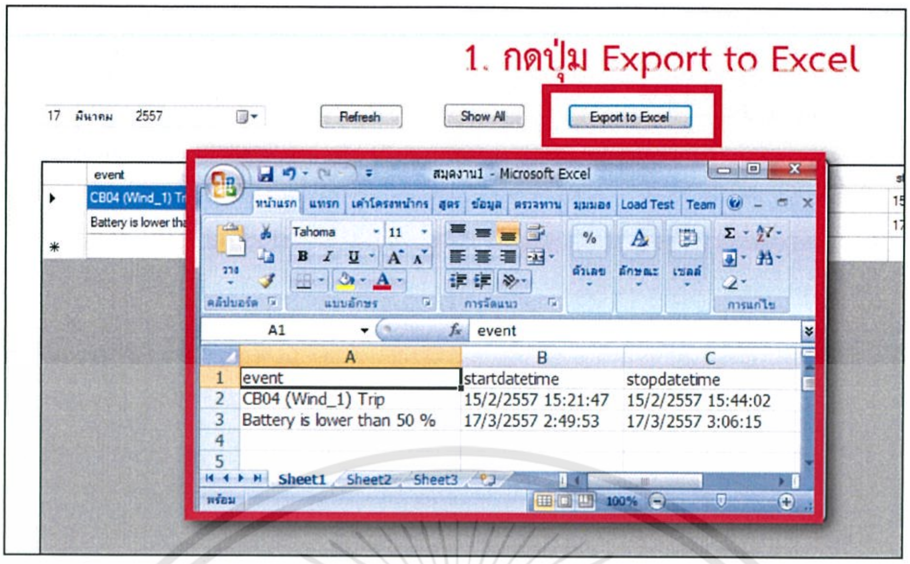
รูปที่ 4.15 ตารางการเกิด Alarm แบบระบุวันที่



รูปที่ 4.16 แสดงตารางการเกิด Alarm ทั้งหมด

นอกจากนี้ ยังสามารถนำตารางออกไปแสดงที่โปรแกรม Excel ได้ จากรูปที่ 4.17 แสดงการนำข้อมูลไปแสดงที่โปรแกรม Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

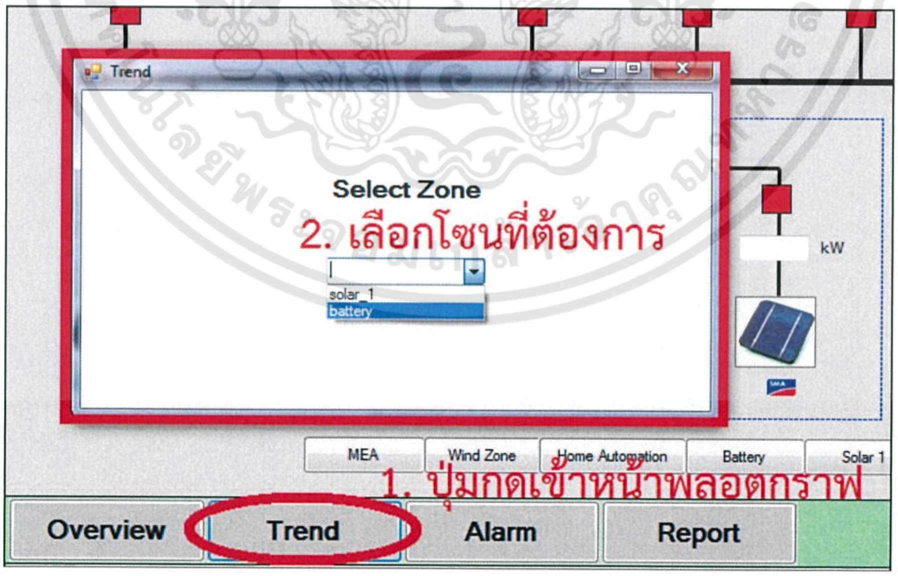


รูปที่ 4.17 แสดงการนำข้อมูลออกไปยังโปรแกรม Excel

4.4 การทำงานของระบบ Trend ของโปรแกรม

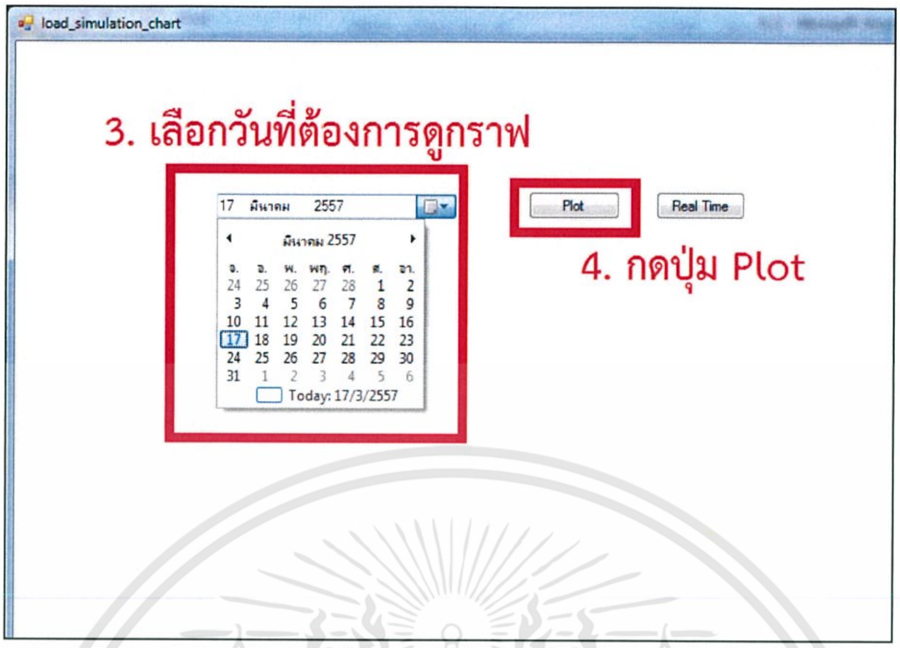
ในส่วนการทำงานของระบบ Trend ที่ได้ออกแบบไว้ จะมีการพล็อตกราฟ 2 แบบ คือ แบบ Real Time และ Plot ซึ่งแบบ Plot จะเป็นการพล็อตกราฟในวันที่กำหนด ส่วนแบบ Real Time จะเป็นการพล็อตกราฟในวันปัจจุบัน

จากรูปที่ 4.14 – 4.16 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของระดับพลังงานที่เก็บไว้ใน Battery ในหนึ่งวัน ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟแบบ Plot

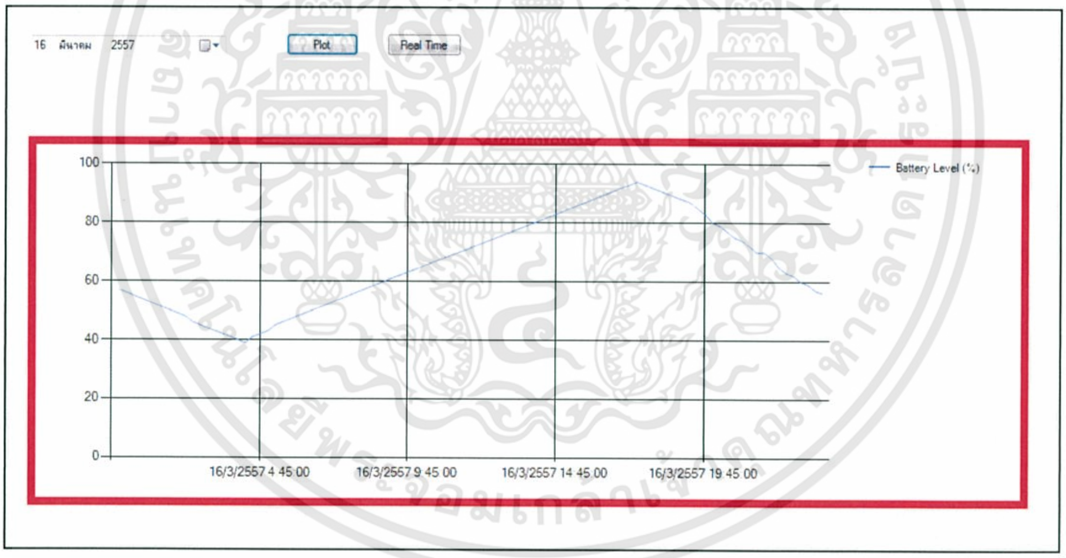


รูปที่ 4.18 ปุ่มกดเข้าหน้าพล๊อตกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 การเลือกวันที่ต้องการพล๊อตกราฟ



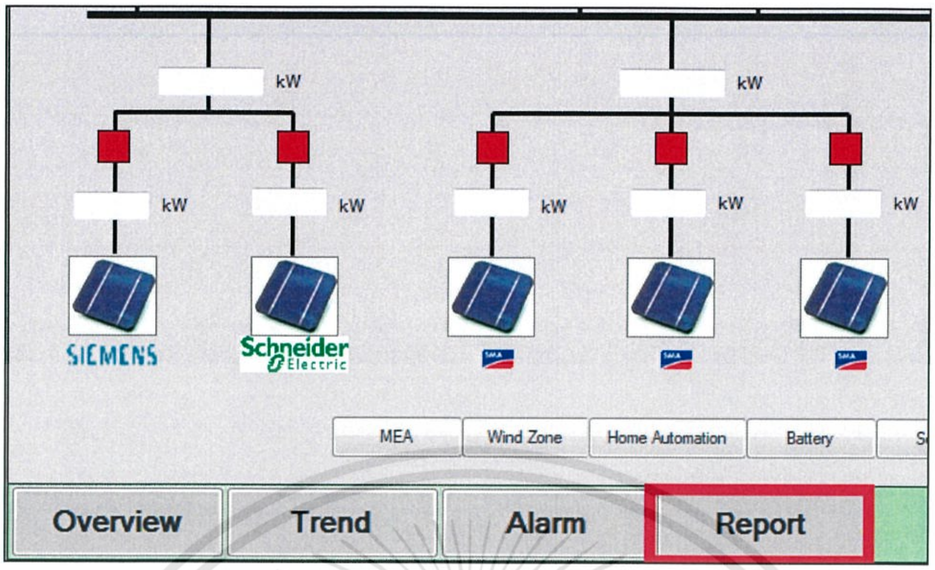
รูปที่ 4.20 รูปกราฟเปอร์เซ็นต์ระดับพลังงานของแบตเตอรี่

4.5 การทำงานของระบบ Report ของโปรแกรม

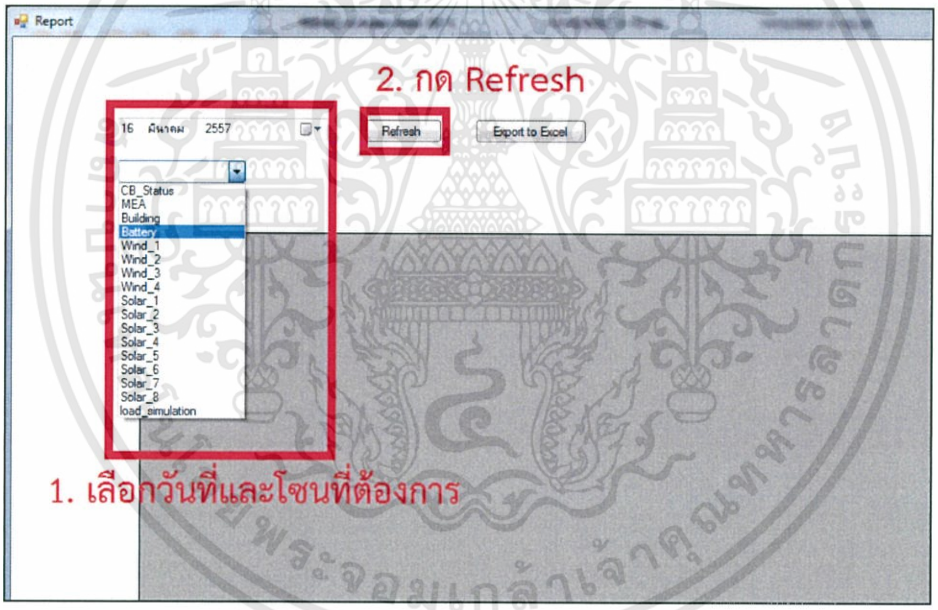
ในส่วนการทำงานของระบบ Report จะเป็นหน้าที่แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในวันหนึ่งๆ ได้ โดยจะต้องทำการเลือกวันและโซนที่ต้องการแสดงค่า รวมถึงยังสามารถนำค่าออกไปที่ Excel ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

จากรูปที่ 4.17 – 4.19 แสดงระบบ Report ในวันหนึ่ง โดยจะแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของระดับพลังงานที่เก็บไว้ Battery ในวันหนึ่งๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

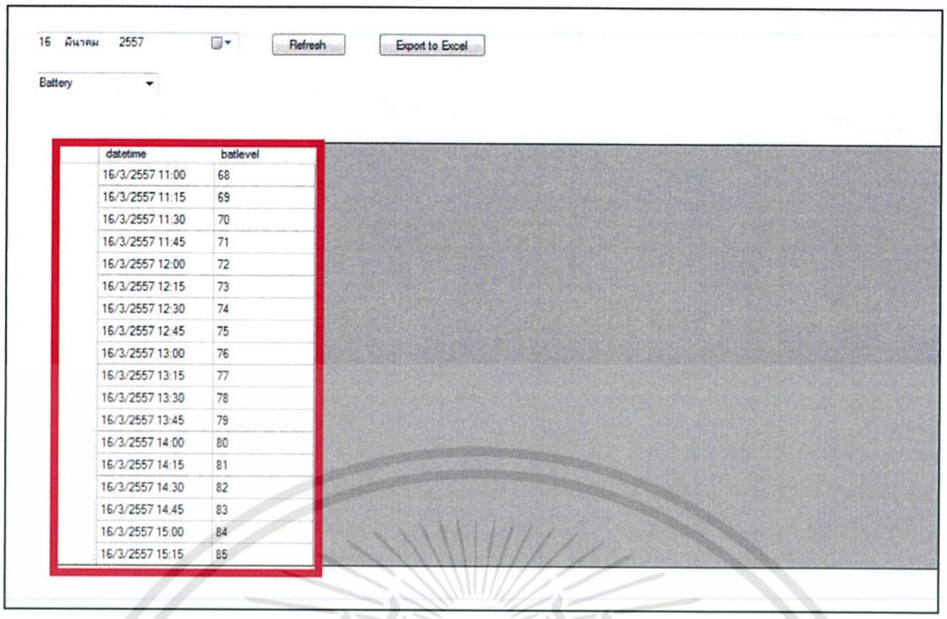


รูปที่ 4.21 ปุ่มกดเข้าหน้า Report



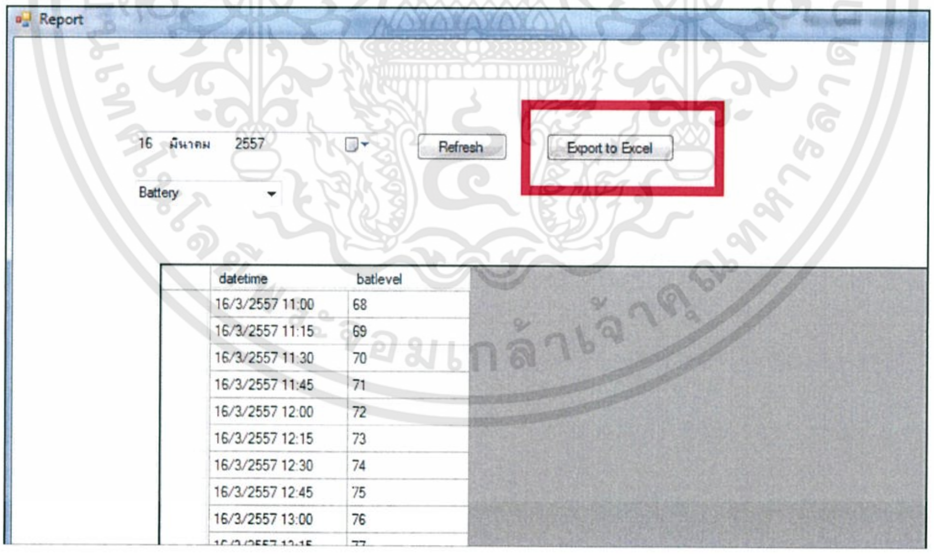
รูปที่ 4.22 การเลือกวันและโซนที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



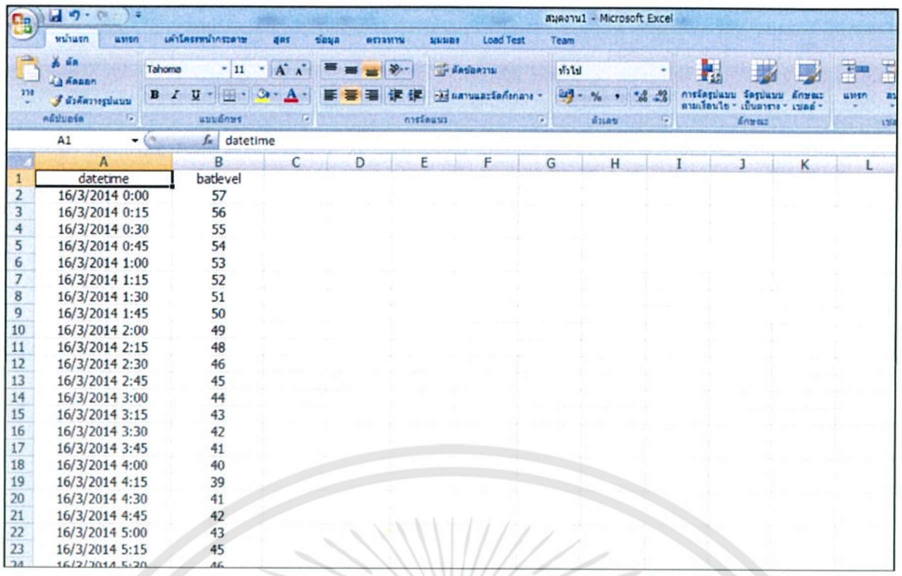
รูปที่ 4.23 ตารางค่าเปอร์เซ็นต์ระดับพลังงานที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่

นอกจากการแสดงค่าลงบนตารางแล้ว ยังสามารถที่จะนำค่าออกไปแสดงค่าที่โปรแกรม Excel ได้โดยกดปุ่ม Export to Excel จากรูป 4.20 – 4.21 แสดงการนำค่าออกไปยังโปรแกรม Excel



รูปที่ 4.24 การนำค่าส่งออกไปยังโปรแกรม Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	A	B
1	datetime	batlevel
2	16/3/2014 0:00	57
3	16/3/2014 0:15	56
4	16/3/2014 0:30	55
5	16/3/2014 0:45	54
6	16/3/2014 1:00	53
7	16/3/2014 1:15	52
8	16/3/2014 1:30	51
9	16/3/2014 1:45	50
10	16/3/2014 2:00	49
11	16/3/2014 2:15	48
12	16/3/2014 2:30	46
13	16/3/2014 2:45	45
14	16/3/2014 3:00	44
15	16/3/2014 3:15	43
16	16/3/2014 3:30	42
17	16/3/2014 3:45	41
18	16/3/2014 4:00	40
19	16/3/2014 4:15	39
20	16/3/2014 4:30	41
21	16/3/2014 4:45	42
22	16/3/2014 5:00	43
23	16/3/2014 5:15	45

รูปที่ 4.25 ค่าที่ส่งออกไปยังโปรแกรม Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตามของ Future Renewable Center แบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักคือ การสร้างโปรแกรมควบคุมและเฝ้าติดตาม และการเลือกส่วนประกอบของPLC โปรแกรมควบคุมและเฝ้าติดตามที่ได้ทำการสร้างขึ้นมา จะมีความสามารถในการอ่านข้อมูลจากแหล่งข้อมูล การเก็บบันทึกค่าที่อ่านได้จากแหล่งข้อมูล การแสดงค่าแบบ Real-Time การแสดง การแสดงค่าที่ถูกเก็บบันทึกในรูปแบบตารางและกราฟ การแจ้งเตือน และการส่งข้อมูลออกในรูปแบบของโปรแกรม Excel ซึ่งจะใช้ฐานข้อมูลชนิด Local Database เป็นแหล่งข้อมูลในการจำลองการทำงานของโปรแกรม เนื่องจากปัจจุบันยังไม่สามารถสั่งซื้อ PLC และโปรแกรม MX-Component V.4 ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างโปรแกรมที่สร้างกับ PLC

PLC ได้ทำการเลือกใช้ดังข้อมูลในภาคผนวก ช ซึ่งส่วนประกอบของ PLC จะประกอบด้วยโมดูลสำหรับการควบคุมรีเลย์ โมดูลสำหรับตรวจสอบสถานะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โมดูลสำหรับรับค่าจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ โมดูลสำหรับการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมโดยใช้โปรโตคอล Modbus กับพาวเวอร์มิเตอร์ โมดูลสำหรับประมวลผลการทำงาน โมดูลสำหรับจ่ายพลังงานให้กับส่วนประกอบของPLC และโมดูลสำหรับยึดส่วนประกอบต่างๆของPLCเข้าด้วยกัน จากส่วนประกอบที่ออกแบบทำให้PLCสามารถใช้งานกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ และพาวเวอร์มิเตอร์ได้ 32 ตัว และสามารถขยายส่วนฐานเพิ่มได้อีก 7 ส่วน ซึ่งเมื่อขยายส่วนฐานPLCก็จะสามารถรองรับอุปกรณ์เพิ่มได้อีก และสามารถขยายส่วนฐานเพิ่มได้อีก 7 ส่วน ซึ่งเมื่อขยายส่วนฐาน PLC ก็จะสามารถรองรับอุปกรณ์เพิ่มได้อีก

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. เนื่องจากปัจจุบันระบบไฟฟ้าของโครงการ Future Renewable Center ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ ทำให้ส่วนประกอบของ PLC ที่ได้เลือกไว้ และรูปแบบของหน้าของโปรแกรมที่ออกแบบอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

2. เนื่องจากปัจจุบันยังไม่ได้มีการสั่งซื้อ PLC และอุปกรณ์วัดค่า ทำให้ต้องใช้ฐานข้อมูลเป็นแหล่งข้อมูลในการทดสอบการทำงานของโปรแกรม

3. การพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมและเฝ้าติดตามโดยใช้โปรแกรม Visual Basic 2010 ต้องใช้เวลาในการพัฒนาโปรแกรมค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการพัฒนา เช่น WinCC

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

1. ในการสร้างระบบควบคุมและเฝ้าติดตามระบบไฟฟ้า ควรจะมี Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าที่สมบูรณ์ และทราบความต้องการในการควบคุมและเฝ้าติดตามก่อน จึงจะทำให้ผู้ออกแบบระบบควบคุมสามารถทำการออกแบบได้อย่างถูกต้องครบถ้วน

2. ในการพัฒนาโปรแกรมควบคุมและเฝ้าติดตามผ่านเว็บไซต์ ผู้พัฒนาสามารถใช้โปรแกรม Microsoft FrontPage ในการพัฒนาได้ เนื่องจากที่เชื่อมต่อระหว่าง PLC และโปรแกรมของ Microsoft สามารถทำการสนับสนุนให้ติดต่อสื่อสารกับ PLC ได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบการแจ้งเตือนควรจะมีการแบ่งระดับความสำคัญ ซึ่งมีความเข้มข้นในการแจ้งเตือนกับผู้ใช้แตกต่างกันตามระดับความสำคัญ

4. ความสามารถ report และ trend ควรจะเพิ่มความสามารถให้เลือกชุดข้อมูลเป็นรายสัปดาห์และรายเดือนได้

5. ความสามารถ trend ควรเพิ่มความสามารถให้เลือกค่าข้อมูลที่จะทำการ plot ได้

6. ควรเพิ่มความสามารถการเปลี่ยนชื่อผู้เข้าใช้และรหัสได้

7. ควรเพิ่มความสามารถให้ผู้ดูแลระบบสามารถเลือกความถี่ของการบันทึกข้อมูลได้

8. ควรจะมีการบันทึกรายละเอียดการเข้าใช้งานของผู้ใช้งานลงในฐานข้อมูล

9. ควรเพิ่มส่วนการติดต่อสื่อสารกับอินเวอร์เตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] “PLC คืออะไร?” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
www.kmitl.ac.th/~s2010709/PLC%20คืออะไร%20แสงชัย.pdf
[2] “PLC คืออะไร” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
www.piohmcorp.co.th/index.php/features/139
[3] “ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ตามมาตรฐาน IEC 1131-3” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
www.9engineer.com/au_main/PLC/PLC_Programming.hm
[4] “แนะนำให้รู้จัก PLC” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
www.tatc.ac.th/files/0902050883921_1106010774824.pdf
[5] “SCADA คืออะไร” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
www.eda.co.th/scada.html
[6] “MELSEC Q series data book” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://back.es-electro.ru/res/production/files/q_db_e.pdf
[7] “MELSEC system Q beginner‘s manual” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://suport.siriustrading.ro/03.Training/01.PLC/03.Q/1.Manuale/Melsec%20Q%20%2Beginner's%20Manual%20209093-A%20(08.07).pdf
[8] “Mitsubishi automation book” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
www.mitsubishi-automation.com/db/sendfile.php?type=5&id=1820
[9] “Mx component version 4 programming manual” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://www.fapro.com.tw/DB/download/Mitsubishi%20PLC%20Manual/sh081085engd.pdf
[10] “Modbus Protocal” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://www.kmitl.ac.th/~s4010303/work/DIGITAL/Modbus%20Protocol.pdf
[11] “การสื่อสารข้อมูลในงานอุตสาหกรรม(ตอนที่ 1)” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=7318&section=9&rcount=Y
[12] “Database Design : Tutorial” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://www.widebase.net/developer/access/mdbtutorial/mdbtutorial01_dbdsg01.shtml
[13] “My SQL Blogger” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://siam5004000009.blogspot.com/
[14] “รูปแบบการสื่อสารการสื่อสารอนุกรม(RS-485)” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://www.compomax.co.th/product/รูปแบบการสื่อสาร/
[15] “Weather Instrument Wind Speed SK-7790-00” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
https://www.sksato.co.jp/html_e/files/optimized/2010_410_30.pdf
[16] “AcuDC 240 Series” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://www.accuenergy.com/?discography=acudc-240-series
[17] “Cube400 Multifunction Meter” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

http://clpa.eu/portals/57/VEx/Docs/ND_Cube_400_Mf_Meter_Leaflet_Jan2012.pdf
[18] “Hukseflux Thermal Sensor LP02-TR” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://www.hukseflux.com/sites/default/files/product_brochure/LP02-TR_v1302.pdf
[19] “Temperature / Humidity Transmitter TRH-3200” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
www.westmexico.com.mx/pfd/rixen/fichas/TRH-3200.pdf
[20] “MITSUBISHI - GX-DEVELOPER- FX – SOFTWARE” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
http://th.element14.com/mitsubishi/gx-developer-fx/software-micro-fx-plc/dp/3825577

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
พื้นฐานการเขียน CODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประกาศตัวแปรและชนิดข้อมูล

ข้อมูลมีหลายชนิด ในการกำหนดชนิดข้อมูลของตัวแปร สามารถทำได้โดยใช้คีย์เวิร์ด Dim เป็นการกำหนดตัวแปร ในส่วนชนิดข้อมูล ถ้าเป็นข้อมูลตัวอักษร จะใช้คีย์เวิร์ด String ถ้าเป็นข้อมูลชนิดตัวเลขจำนวนเต็ม ใช้คีย์เวิร์ด Integer เช่น

Dim <ตัวแปร> as [ชนิดข้อมูล] ----> Dim A as String 'เป็นการกำหนดให้ตัวแปร A เป็นข้อมูลชนิดตัวอักษร

ในส่วนการกำหนดค่าของตัวแปรจะสามารถทำได้หลายวิธี ถ้าข้อมูลเป็นข้อมูลชนิด String จะต้องเขียนไว้ในเครื่องหมาย Double Quotes ("....[ข้อความ]....") เช่น

Dim A as String 'เป็นการกำหนดให้ตัวแปร A เป็นข้อมูลชนิดตัวอักษร
A = "HELLO WORLD" 'เป็นการกำหนดให้ตัวแปร A ที่เป็นข้อมูลชนิดตัวอักษร มีค่าเท่ากับ HELLO WORLD

หรือ เราอาจเขียนได้อีกแบบหนึ่งซึ่งได้ความหมายเดียวกับวิธีการเขียนข้างต้น
Dim A as String = "HELLO WORLD" หรือ Dim A = "HELLO WORLD"
ในกรณีที่ต้องการข้อมูลเป็นข้อมูลชนิดตัวเลข เราอาจทำได้หลายวิธี ดังนี้
Dim A as String 'เป็นการกำหนดให้ตัวแปร A เป็นข้อมูลชนิดตัวเลข
A = 5 'เป็นการกำหนดให้ตัวแปร A ที่เป็นข้อมูลชนิดตัวเลข ให้มีค่าเท่ากับ 5
หรือ เราอาจเขียนได้อีกแบบหนึ่งซึ่งได้ความหมายเดียวกับวิธีการเขียนข้างต้น
Dim A as Integer = 5 หรือ Dim A = 5

จะเห็นได้ว่าความแตกต่างระหว่างการกำหนดค่าของข้อมูลชนิด String กับ ข้อมูลชนิด Integer แตกต่างตรงที่ข้อมูลชนิด String มีการใช้เครื่องหมาย Double Quotes

จากข้างต้นเป็นการยกตัวอย่างข้อมูลชนิด String และ Integer เท่านั้น ในการเขียน Visual Basic อาจต้องใช้ข้อมูลชนิดต่างๆ ได้ เช่น ต้องการข้อมูลชนิดที่เป็นตัวเลขที่มีทศนิยม เป็นต้น

ตารางที่ ก.1 แสดงชนิดข้อมูลพื้นฐาน

Visual Basic type	Value range
Boolean	True or False
Byte	0 through 255 (unsigned)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Char (single character)	0 through 65535 (unsigned)
Date	0:00:00 (midnight) on January 1, 0001 through 11:59:59 PM on December 31, 9999
Decimal	0 through (+/-7.9...E+28) † with no decimal point; 0 through +/-7.9228162514264337593543950335 with 28 places to the right of the decimal; smallest nonzero number is +/-0.0000000000000000000000000001 (+/-1E-28) †
Double (double-precision floating-point)	-1.79769313486231570E+308 through -4.94065645841246544E-324 † for negative values; 4.94065645841246544E-324 through 1.79769313486231570E+308 † for positive values
Integer	-2,147,483,648 through 2,147,483,647 (signed)
Long (long integer)	-9,223,372,036,854,775,808 through 9,223,372,036,854,775,807 (9.2...E+18 †) (signed)
Object	Any type can be stored in a variable of type **Object**
SByte	-128 through 127 (signed)
Short (short integer)	-32,768 through 32,767 (signed)
Single (single-precision floating-point)	-3.4028235E+38 through -1.401298E-45 † for negative values; 1.401298E-45 through 3.4028235E+38 † for positive values
String (variable-length)	0 to approximately 2 billion Unicode characters
UInteger	0 through 4,294,967,295 (unsigned)
ULong	0 through 18,446,744,073,709,551,615 (1.8...E+19 †) (unsigned)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

User-Defined(structure)	Each member of the structure has a range determined by its data type and independent of the ranges of the other members
UShort	0 through 65,535 (unsigned)

การเปลี่ยนชนิดข้อมูล

ในบางกรณี อาจมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงชนิดข้อมูลของตัวแปร ซึ่งการแปลงชนิดข้อมูลมีหลายวิธี เช่น การแปลงชนิดข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชัน Conversion หรือการแปลงชนิดข้อมูลโดยใช้คลาส Convert หรือการแปลงชนิดข้อมูลโดยใช้เมธอด TryParse

ตารางที่ ก.2 การแปลงฐานข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชัน Conversion

Function	Description
Asc	Converts the first letter in a string to ANSI code
CBool	Converts an expression to a variant of subtype Boolean
CByte	Converts an expression to a variant of subtype Byte
CCur	Converts an expression to a variant of subtype Currency
CDate	Converts a valid date and time expression to the variant of subtype Date
CDbl	Converts an expression to a variant of subtype Double
Chr	Converts the specified ANSI code to a character
CInt	Converts an expression to a variant of subtype Integer
CLng	Converts an expression to a variant of subtype Long
CSng	Converts an expression to a variant of subtype Single
CStr	Converts an expression to a variant of subtype String
Hex	Returns the hexadecimal value of a specified number
Oct	Returns the octal value of a specified number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกตัวอย่างในการแปลงฐานข้อมูล เช่น

```
Dim A as Integer = 1
Dim B as Integer = 2
Dim C = CStr(A) + CStr(B)   ' C = 12 ไม่ใช่ 3 เนื่องจากเป็นการรวมกันของข้อมูลชนิด
                              ตัวอักษรไม่ใช่ข้อมูลชนิดตัวเลข
```

การแปลงโดยใช้คลาส Convert มีรูปแบบการใช้ดังนี้

<ตัวแปรที่นำมารับผลลัพธ์> = Convert.method (value)

method คือ เมธอดในคลาส Convert ที่ใช้ในการ แปลงข้อมูล เช่น ToDecimal , ToInt32 , ToString ซึ่งเป็นชนิดของข้อมูลที่ต้องการ

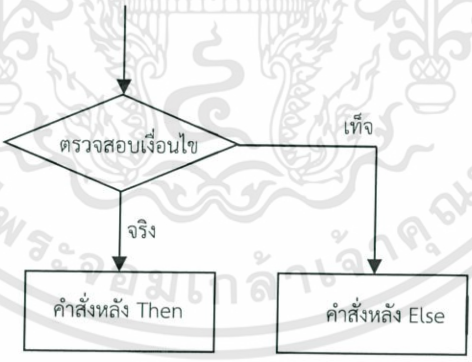
value คือ ตัวแปรหรือข้อมูลที่ต้องการแปลง

คำสั่งควบคุมการทำงาน

1. If-Then-Else

รูปแบบ

```
If <เงื่อนไข> Then
        'คำสั่งเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง
Else
        'คำสั่งเมื่อเงื่อนไขเป็นเท็จ
End If
```



จากข้างต้นเป็นเป็นการตรวจสอบเงื่อนไขหลัง If ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง จะทำตามคำสั่งหลัง Then แต่ถ้าเป็นเท็จ จะทำตามคำสั่งหลัง Else แต่ถ้าเรามีเงื่อนไขรองลงมาให้ใช้ ElseIf แทน Else และบางครั้งเราอาจไม่ต้องการให้มีการทำคำสั่งเมื่อข้อมูลไม่เป็นจริง ก็ไม่ต้องใส่คำสั่ง Else ก็ได้

2. Select-Case

รูปแบบ

```
Select Case <นิพจน์>
        Case <ค่านิพจน์กลุ่มแรก>
                'คำสั่งเมื่อค่านิพจน์ตรงกับค่าในกลุ่มแรก
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

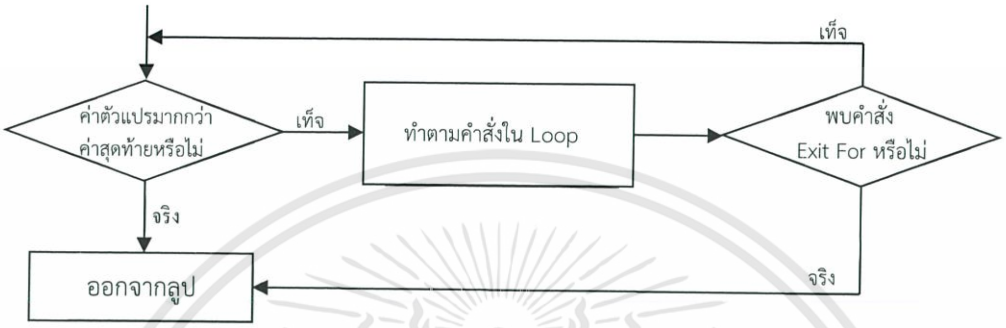
Case <ค่านิพจน์กลุ่มสอง>

'คำสั่งเมื่อค่านิพจน์ตรงกับค่าในกลุ่มสอง

Case Else

'คำสั่งเมื่อไม่ตรงกับกรณีไหนเลย

End Select



คำสั่ง Select Case จะทำงานตามค่าที่อยู่หลังคำว่า Select Case โดยถ้าค่านี้ตรงกับค่าที่อยู่หลัง Case ใดๆ ก็จะทำตามคำสั่งที่เขียนไว้ตามหลัง Case นั้นๆ ในการเปรียบเทียบ หากมีหลายเงื่อนไขใน Case เดียวกัน จะใช้เครื่องหมาย " , " คั่น เช่น Case 1,2,3,4,5 เป็นต้น ในกรณีที่ค่าเปรียบเทียบเป็นช่วงจะใช้ คำว่า To เป็นตัวเชื่อมช่วง เช่น 1 To 3 เป็นต้น และถ้าต้องการนำตัวดำเนินการมาเปรียบเทียบจะใช้ Is อยู่หลัง Case เช่น Case Is > 5 -----> 'ถ้าค่า <นิพจน์> มีค่ามากกว่า 5 ให้ทำคำสั่ง........ เป็นต้น

3. For-Next

รูปแบบ For <ชื่อตัวแปร> = <ค่าเริ่มต้น> To <ค่าสุดท้าย> [Step <ค่าที่เพิ่มขึ้นของตัวแปร>]

'ชุดคำสั่ง

[Exit For]

Next <ชื่อตัวแปร>

การทำงานตามคำสั่งนี้ จะมีตัวแปรหนึ่งนับจำนวนครั้งที่ทำตามคำสั่งซ้ำ โดยกำหนดให้ตัวแปรมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ <ค่าเริ่มต้น> และจะทำงานถึงบรรทัด Next <ชื่อตัวแปร> และจะทำการเพิ่มค่าตัวแปรขึ้นไปครั้งละเท่ากับค่าที่อยู่หลัง Step ซึ่งจะทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนเมื่อค่าตัวแปรมีค่ามากกว่า <ค่าสุดท้าย> หรือเมื่อพบคำสั่ง Exit For ก่อนก็จะหลุดออกจาก Loop ทันที

4. Do-Loop

รูปแบบ 1 Do {While | Until} <เงื่อนไข>

'ชุดคำสั่ง

[Exit Do]

Loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ 2 Do

'ชุดคำสั่ง

[Exit Do]

Loop {While | Until} <เงื่อนไข>

คำสั่งนี้จะให้โปรแกรมทำงานซ้ำ โดยจำนวนครั้งในการทำซ้ำขึ้นกับเงื่อนไขหลังคำว่า While หรือ Until โดยทั้งสองรูปแบบต่างกันโดย ในการทำซ้ำรูปแบบแรก จะมีการตรวจสอบเงื่อนไขก่อนเข้าสู่ลูป ส่วนการทำซ้ำรูปแบบสองจะตรวจสอบเงื่อนไขหลังทำลูปไปแล้ว ซึ่งการตรวจสอบเงื่อนไขจะมี 2 ลักษณะ คือแบบ While ทำซ้ำขณะเงื่อนไขเป็นจริง และแบบ Until ทำซ้ำจนกว่าเงื่อนไขจะเป็นจริง

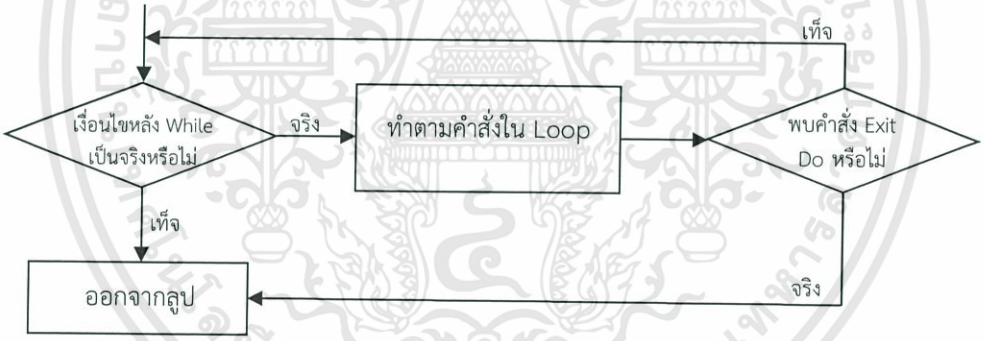
เช่น หากเขียนคำสั่งรูปแบบ Do While <เงื่อนไข>

'ชุดคำสั่ง

[Exit Do]

Loop

ในการเขียนรูปแบบนี้จะตรวจสอบเงื่อนไขก่อนเข้า Loop โดยมีรูปแบบการทำงานดังนี้



คำสั่งนี้จะทำซ้ำในขณะที่เงื่อนไขเป็นจริงอยู่ ซึ่งจะทำซ้ำไปจนกว่าเงื่อนไขจะเป็นเท็จ ซึ่งจากรูปแบบที่เขียนจะมีการตรวจสอบเงื่อนไขอยู่ จึงมีการทำซ้ำ 0 ครั้งขึ้นไป (ไม่ตรงกับเงื่อนไขหรือเงื่อนไขเป็นเท็จ) และเมื่อพบคำสั่ง Exit Do จะออกจากการทำซ้ำทันที แต่หากเขียนรูปแบบดังนี้

Do

'ชุดคำสั่ง

[Exit Do]

Loop While <เงื่อนไข>

การทำงานจะคล้ายกับรูปแบบ แต่ในการเขียนรูปแบบนี้ จะตรวจสอบเงื่อนไขในการทำซ้ำหลังจากทำชุดคำสั่งไปแล้วอย่างน้อยหนึ่งรอบเสมอ ทำให้จำนวนการทำซ้ำของคำสั่งนี้มีค่าอย่างน้อย 1 ครั้งขึ้นไป (ในกรณีที่เงื่อนไขเป็นเท็จ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. While

รูปแบบ While <เงื่อนไข>

'ชุดคำสั่ง

End While

คำสั่งนี้ใช้สำหรับทำซ้ำโดยตรวจสอบเงื่อนไขก่อนเข้า Loop ซึ่งคล้ายกับการทำซ้ำแบบ For แต่ต่างตรงที่การทำซ้ำแบบ While ไม่ต้องการทราบค่าเริ่มต้นแต่ต้องการการตรวจสอบเงื่อนไขเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ข้อมูลอุปกรณ์ Cube 400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parameter

	Phases		Phases
Volts, LN & LL	1, 2, 3	Pk Volts LN	1, 2, 3
Amps	1, 2, 3	Pk Amps	1, 2, 3
Amp Demand & Peak	1, 2, 3	Neutral Current	Σ
PF	1, 2, 3 & Σ	kW, kVA & kvar	1, 2, 3 & Σ
kW, kVA & kvar Demand	Σ	Pk kW, kVA & kvar Demand	Σ
kWh & kVAh	Σ	kvarh, Ind & Cap	Σ
Frequency		Export kWh, kVAh & kVAh	Σ
Hours Run (on Load)		Σ	
%THD Volts & Amps	1, 2, 3	V & I Harmonics 2^{nd} – 15^{th}	1, 2, 3

True rms measurement of Volts & Amps – and true Power Measurement – to the 30^{th} harmonic at 50Hz

SPECIFICATIONS

OUTLINE SPECIFICATION		
INPUTS		
System	3 Phase 3 or 4 Wire Unbalanced Load	
Voltage U_n	400/230V. 3 Phase 3 or 4 Wire 110/63V & 208/120V optional. Others to order.	
Current I_n	5A from external CTs. 1A optional. Fully isolated	
Measurement Range	**Voltage**	50% to 120%
	Current	0.2% to 120%
Frequency Range	**Fundamental**	45 to 65Hz
	Harmonics	Up to 30^{th} harmonic at 50Hz Individual to the 15^{th}
Burden	**Voltage**	<0.1VA per phase
	Current	<0.1VA per phase
Overload	**Voltage**	x4 for 1 hour
	Current	x40 for 0.5 second max
DISPLAY		
Type	Custom, Supertwist, LCD	
Data Retention	10 years min. Stores kWh & Meter set-up	
Format	8 x 6.66mm high digits with DPs & 3.2mm legends	
Scaling	Direct reading. User programmable CT & VT CT Primary programmable from 10A to 25kA VT primary programmable up to 440kV	
Legends	Wh, kWh, MWh etc. depending on user settings	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUXILIARY SUPPLY	
Standard	230V 50/60 Hz ±15%
Options	110V 50/60 Hz ±15%
Load	2VA max.
Overload	x1.2 continuous
ACCURACY	All errors ± 1 digit
kWh	Better than Class 1 per EN 62053-21 & BS 8431
Kvarh	Better than Class 2 per EN 62053-23 & BS 8431
kW & kVA	Better than Class 0.25 IEC 60688
kvar	Better than Class 0.5 IEC 60688
Amps & Volts	Class 0.1 IEC 60688 ($0.01I_n$ – $1.2I_n$ or $0.1U_n$ – $1.2U_n$)
PF	±0.2° ($0.05I_n$ – $1.2I_n$ and $0.2U_n$ – $1.2U_n$)
Neutral Current	Class 0.5 IEC 60688 ($0.05I_n$ – $1.2I_n$)
PULSE OUTPUTS	kWh plus kvarh / kVAh
Function	1 Pulse per unit of energy
Scaling	Settable between 1 & 1000 counts of energy register
Pulse Period	0.1 sec. default; Settable between 0.1 and 20 sec
Rise & Fall Time	< 2.0ms
Type	N/O Volt free contact. Optically isolated BiFET
Contacts	100mA ac/dc max., 100V ac/dc max.
Isolation	2.5kV 50Hz 1 minute

MODBUS® Serial Comms	
Bus Type	RS485 2 wire + 0v. ½ Duplex, ¼ unit load
Protocol	MODBUS® RTU with 16 bit CRC
Baud Rate	4800, 9600 or 19,2000 User settable
Address	1 – 247 User settable
Register	Fixed & User Asignable
Latency	Reply within 250ms max.
Command Rate	New command within 5ms of previous one

GENERAL		
Temperature	Operating	-10°C to +65°C
	Storage	-25°C to +70°C
Humidity	< 75% non-condensing	
Environment	IP54 standard, IP65 optional	
MECHANICAL		
Terminals	Rising Cage. $4mm^2$ (12 AWG) cable max.	
Enclosure	DIN 43700 96 x 96	
Material	Mablex® with fire protection to UL94-V-O. Self extinguishing	
Dimensions	96 x 96 mm x 83.5 mm (72 mm behind panel)	
Weight	~ 250 gms	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ข้อมูลอุปกรณ์ AcuDC 240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS

- DC Energy Management Systems
- Power Distribution for Telecommunication Room
- Solar Photovoltaic Systems
- Industrial DC Control Systems
- Metallurgy and Electroplating Industries
- Wind Power Generation
- DC Excitation Systems
- Light Rail Transit Systems

FEATURES

- DC power system metering
- Monitor and control power switches
- Alarming and analog output
- Standard 72x72mm, allows for drawer type panel installation
- Three line high-definition LCD display
- Accessible with SCADA, PLC systems
- Easy installation, simple wiring

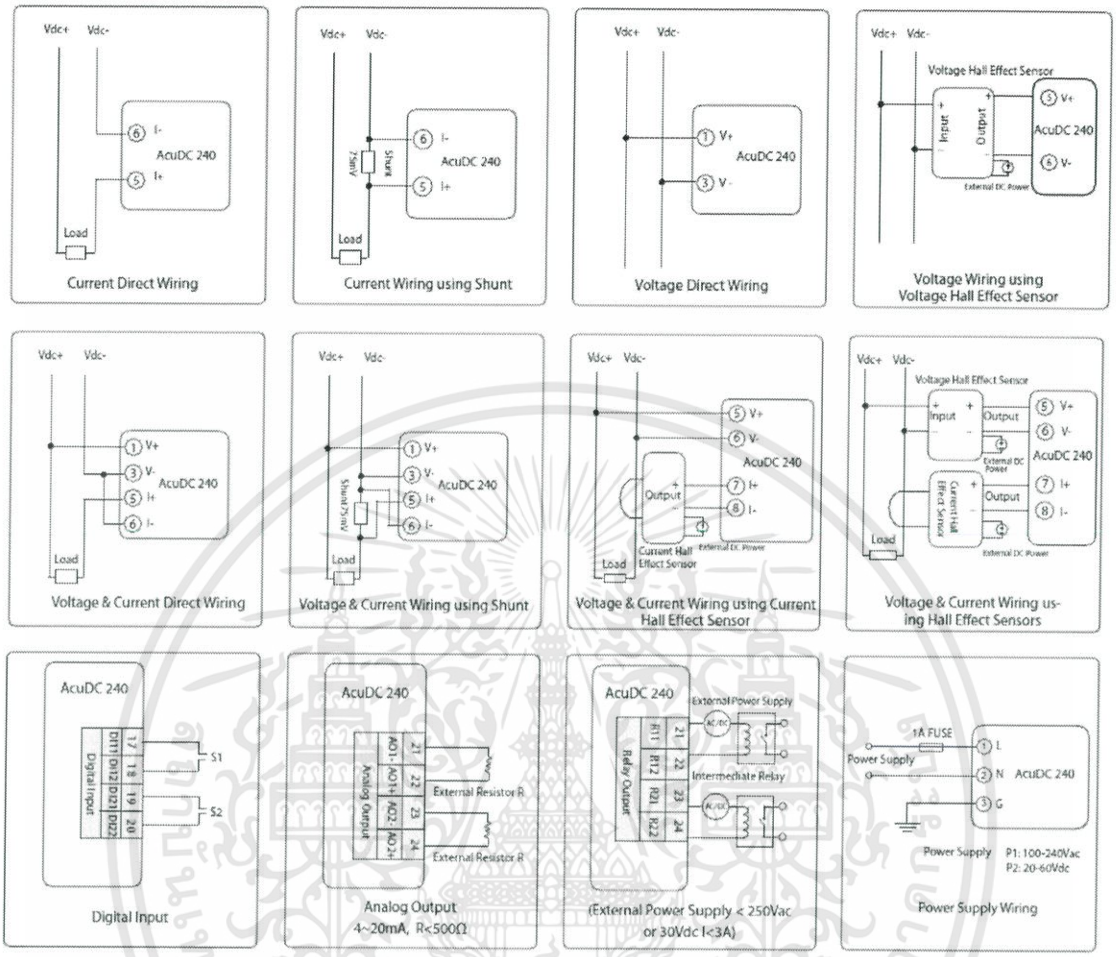
ตารางที่ ค.1 SPECIFICATIONS

Function			AcuDC 241	AcuDC 242	AcuDC 243
Metering	Voltage	V	•		•
	Current	I		•	•
	Power	P			•
	Energy	E			•
I/O	2DI+2AO		○	○	○
	2DI+2RO		○	○	○
	2DI+2DO		○	○	○
Communication	RS485 , Modbus RTU		○	○	○
Display	LCD		•	•	•
Dimensions	72×72×64.5mm (Cutout: 68x68 mm) / 2.835 x 2.835 x 2.539 inch (Cutout: 2.677 x 2.677 inch)				

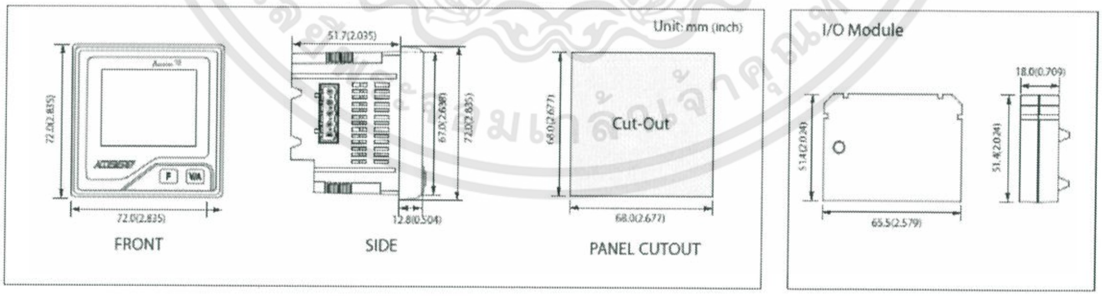
Note: • Standard; ° Optional Blank: Not Available

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL WIRING



DIMENSIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 TECHNICAL SPECIFICATIONS

Parameter	Accuracy	Resolution	Range
Voltage	0.2%	0.001V	0~1200V
Current	0.2%	0.005A	0~±50000A
Power	0.5%	0.001kW	0~±60000kW
Energy	0.5%	0.01kWh	0~9999999.99kWh
Drift with Tempereture	<100ppm/˚C		
Stability	0.5‰/year		

Voltage

Input Range

Voltage	Direct Input0~1000V; Via Hall Effect Sensor0~1200V
Input Impedence	2MΩ
Load	<0.6W
Accuracy	0.2%

Current

Input Range	0~±20A(Direct Input, pick up current 0.02A) 0~±50000A(Via Shunt or Hall Effect Sensor, programmable range)
Shunt	50~100mV(programmable)
Hall Effect Sensor	0~±5V/0-±4V, 4~20mA/12mA±8mA
Power Consumption	2W(Max)
Accuracy	0.2%

Digital Input

Type	Dry Contact
Isolation Voltage	2500Vac

Environment

Operation Temperature	-25℃ ~ +70℃
Storage Temperature	-40℃ ~ +85℃
Humidity	5%~95%Non-condensing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output

Relay Output (RO)	
Type	Mechanical contact, Form A
Max Load Voltage	250Vac/30Vdc
Max Load Current	3A
On Resistance	100mΩ (Max)
Isolation Voltage	4000Vac
Mechanical Life	5 × 106 times
Digital Output (Photo-Mos)	
Load Voltage Range	0~250Vac/dc
Load Current	100mA(Max)
Max Output Frequency	25Hz, 50% duty cycle
Isolation Voltage	2500Vac
Analog Output (AO)	
Range	4-20mA/0~20mA; 0~5V/1-5V
Accuracy	0.5%
Load Capacity	Current type, max load resistance: 750 Ohm Voltage type, max load current: 20 mA

Communication

Type	RS485, half duplex, Optical Isolated
Protocol	Modbus-RTU
Baud rate	1200~38400bps
Isolation Voltage	2500Vac

Power Supply

Input	(P1)100-240Vac, 50/60Hz, 100-300Vdc (P2) 20-60Vdc
Consumption	3W (typical value)

Installation

72× 72 mm	Panel mounted

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
ข้อมูลอุปกรณ์ LP02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications

The LP02 complies with the ISO Second class pyranometer specifications as detailed below

LP02 ISO / WMO Specifications[1]

Overall classification according to ISO 9060 / WMO	Second class pyranometer
Response time for 95 % response	18 s
Zero offset (response to 200 W/m2 net thermal radiation)	< 15 W/m^2
Zero offset (response to 5 k/h change in ambient temperature)	<4 W/m^2
Non-stability	< 1% change per year
Non-Linearity	< +/- 2.5%
Directional response for beam radiation:	within +/- 25 W/m^2
Spectral selectivity +/- 5% (305 to 2000 nm)	
Temperature response (within an interval of 50°C)	within 6% (-10 to +40°C)
Tilt response	within +/- 2%

LP02 ADDITIONAL MEASUREMENT SPECIFICATIONS

Sensitivity	10-40 $\mu V/Wm^{-2}$
Expected voltage output	0.1 to + 50 mV in natural sunlight
Operating temperature	-40 to +80°C
Sensor resistance	Between 40 and 60 Ohms
Power required	Zero (passive sensor)
Standard cable length	16 ft (4.8 m)
Range	0-2000 Wm^{-2}
Cable replacement	Cable can be replaced by the user
Spectral range	305 to 2800 nm (50% transmission points)
Required datalogger channels	1 differential or 1 single ended voltage channel
Leveling	Level and leveling feet included
Expected accuracy for daily sums	+/- 10%

DIMENSIONS / SHIPPING DIMENSIONS

LP02:	3 in dia x 3 in / 8x4x10 in

WEIGHT/SHIPPING WEIGHT

LP02:	0.8 lbs / 1.2 lbs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
ข้อมูลอุปกรณ์ SK-7790-00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification

Wind speed and direction sensor

Transducer	Wind speed: 4 blade propeller (AC generator)
	Wind direction: Counterbalanced tail (synchro motor)
Starting speed	2 m/s
Withstand speed	90 m/s
Type	Wind speed: rectifying voltmeter
	Wind direction: synchro motor
Wind-run output	Optional, 1 pulse/ 60 m
Cable	20m (7 conductor)
	(8 conductor cable for wind-run output type)
Dimensions	(W) 690 x (H) 760 mm
Weight	approx. 3.0 kg

Indicator

Measuring range	Wind speed: 2 to 60 m/s (min. scale 1 m/s)
	Wind direction: 360° continuous
	N, NE, E, SE, S, SW, W, NW (min. scale: 1/16 cardinal points)
Accuracy	Wind speed: ±0.5 m/s below 10 m/s
	±5 % above 10 m/s
	Wind direction: ±5°
Power requirements	100 VAC (50/60 Hz) ± 10% (other voltage is available)
Operation ambient	-10 to 50°C, 40 to 85% rh
Dimensions	(H) 170 x (W) 300 x (D) 150 mm
Weight	approx. 3.6 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
ข้อมูลอุปกรณ์ TRH-3200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

Outdoor environmental monitor, Green House, Agriculture, Weather Data Collection, Climate Experiment etc.

Specifications

Measurement Range	0 ~ 100% RH
	0 ~ 100°C, (-20 ~ +80°C, 0 ~ 50°C, -40 ~ +60°C available)
Accuracy (At 25 °C)	± 2 % RH, ±0.3°C (Power supply = 24VDC)
Long-term stability	Batter than 1.5% RH per year (Typical)
Temp. Compensation	± 0.008% RH /°C (Effect @ 0 %RH)
Response	<30 seconds (90% at +25°C in moving air over 0.5 /S)
Sensors	Humidity : Thin-film capacitor
	Temperature : RTD Pt 100Ω IEC 751, DIN43760
Output	Current output : Humidity: 4 ~ 20 mA Two wire
	Temperature: 4 ~ 20 mA Two wire
	Voltage output : 0 to 1V, 0 to 5V, 0 to 10V or 1 to 5V, Selectable
	*Other scales possible upon request
Fine adjustment	Zero and Span adjustable by spare potentiometer
Power Supply	12 ~ 40V DC,>150 mA
Housing / Protection	Outdoor used Applications, Bears the climate and preventing radiant heat
Internal transmitter	IP65 rated, ABS plastic watertight enclosure
Cable gland	Liquid-tight nylon, cable Bushing: Ø5-10mm
Ambient Temperature	- 40 ~ +85 °C (- 40 ~ +185°F)
Dimensions	210 (L) × 185 (W) × 210 (H) mm
Weight	Approx. 1500g *Bracket fixing exception
Mounting	Complete set with galvanized steel mounting hardware.
Approvals	IP65; CE; RoHS

*Specifications are subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ตารางข้อมูลของอุปกรณ์ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช-1 ข้อมูลดิจิตอลอินพุทโมดูล QX41

Specifications \ Type		DC input module (Positive common type) QX41
Number of input points		32 points
Isolation method		Photocoupler
Rated input voltage		24VDC (+20/-15%, ripple ratio within 5%)
Rated input current		Approx. 4mA
Input derating		Refer to the derating chart.
ON voltage/ON current		19V or higher/3mA or higher
OFF voltage/OFF current		11V or lower/1.7mA or lower
Input impedance		Approx. 5.6kΩ
Response time	OFF → ON	1ms/5ms/10ms/20ms/70ms or less (CPU parameter setting)*1 Initial setting is 10ms.
	ON → OFF	1ms/5ms/10ms/20ms/70ms or less (CPU parameter setting)*1 Initial setting is 10ms.
Dielectric withstand voltage		560VAC rms/3 cycles (altitude 2000m (6557.38ft.))
Insulation resistance		10MΩ or more by insulation resistance tester
Noise immunity		By noise simulator of 500Vp-p noise voltage, 1μs noise width and 25 to 60Hz noise frequency
		First transient noise IEC61000-4-4: 1kV
Protection degree		IP2X
Common terminal arrangement		32 points/common (common terminal: B01, B02)
Operation indicator		ON indication (LED)
External connections		40-pin connector
Applicable wire size		$0.3mm^2$ (AWG#22) or less (for A6CON1, A6CON4)*2
External wiring connector (Sold separately)		A6CON1, A6CON2, A6CON3, A6CON4
Applicable connector/terminal block conversion module		A6TBXY36,A6TBXY54,A6TBX70
Online module change		Possible
Multiple CPU system		Compatible
Number of occupied I/O points		32 points/slot (I/O assignment: Input)
5VDC internal current consumption		0.075A (TYP. all points ON)
External dimensions		98 (3.86)(H)×27.4 (1.08)(W)×90 (3.54)(D) mm(inch)
Weight		0.15kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช-2 ข้อมูลดิจิตอลเอาท์พุทโมดูล QY41P

Specifications \ Type		Transistor output module (Sink type) QY41P
Number of output points		32 points
Isolation method		Photocoupler
Rated load voltage		12-24VDC (+20/-15%)
Maximum load current		0.1A/point, 2A/common
Maximum inrush current		0.7A, 10ms or less
Leakage current at OFF		0.1mA or less
Maximum voltage drop at ON		0.1VDC (TYP.) 0.1A, 0.2VDC (MAX.) 0.1A
Response time	OFF → ON	1ms or less
	ON → OFF	1ms or less (rated load, resistive load)
Surge suppressor		Zener diode
Fuse		No
External supply power	Voltage	12-24VDC (+20/-15%) (ripple ratio within 5%)
	Current	0.02A (at 24VDC)
Dielectric withstand voltage		560VAC rms/3 cycles (altitude 2000m (6557.38ft.))
Insulation resistance		10MΩ or more by insulation resistance tester
Noise immunity		By noise simulator of 500Vp-p noise voltage, 1μs noise width and 25 to 60Hz noise frequency First transient noise IEC61000-4-4: 1kV
Protection degree		IP2X
Common terminal arrangement		32 points/common (common terminal: A01, A02)
Protection function		Yes (overload protection, overheat protection) ·Overload protection is activated in increments of 1 point. ·Overheat protection is activated in increments of 1 point.
Operation indicator		ON indication (LED)
External connections		40-pin connector
Applicable wire size		0.3mm² (AWG#22) or less (for A6CON1, A6CON4)*
External wiring connector (Sold separately)		A6CON1, A6CON2, A6CON3, A6CON4
Applicable connector/terminal block conversion module		A6TBXY36,A6TBXY54
Online module change		Possible
Multiple CPU System		Compatible
Number of occupied I/O points		32 points (I/O assignment: Output)
5VDC internal current consumption		0.105A (TYP. all points ON)
External dimensions		98 (3.86)(H)×27.4 (1.08)(W)×90 (3.54)(D) mm(inch)
Weight		0.15kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช-3 ข้อมูลนาล็อกอินพุตโมดูล Q68ADI และ Q68ADV

Item		Q64AD	Q68ADV	Q68ADI
Analog input points		4 points (4 channels)	8 points (8 channels)	8 points (8 channels)
Analog input	Voltage	-10 to 10 V DC (Input resistance value 1MΩ)		---
	Current	0 to 20 mA DC (input resistance value 250Ω)	---	0 to 20 mA DC (input resistance value 250Ω)
Digital output		16-bit signed binary (normal resolution mode: -4096 to 4095, high resolution mode: -12288 to 12287, -16384 to 16383)		
I/O characteristics, Maximum resolution		(see below)		

Analog input range		Normal resolution mode: Digital output value	Normal resolution mode: Maximum resolution	High resolution mode: Digital output value	High resolution mode: Maximum resolution
Voltage	0 to 10V	0 to 4000	2.5mV	0 to 16000	0.625mV
	0 to 5V		1.25mV	0 to 12000	0.416mV
	1 to 5V		1.0mV		0.333mV
	-10 to 10V	-4000 to 4000	2.5mV	-16000 to 16000	0.625mV
	Users range setting		0.375mV	-12000 to 12000	0.333mV
Current	0 to 20mA	0 to 4000	5μA	0 to 12000	1.66μA
	4 to 20mA		4μA	-12000 to 12000	1.33μA
	Users range setting	-4000 to 4000	1.37μA		1.33μA

Item	Q64AD	Q68ADV	Q68ADI
Conversion speed	80 μs/channel (When there is temperature drift, the time calculated by adding 160 μs will be used regardless of the number of channels used.)		
Absolute maximum input	Voltage : ±15V Current : ±30mA		
Insulation method	Between the I/O terminal and PLC power supply : Photocoupler insulation Between channels : Non-insulated		
Dielectric withstand voltage	Between the I/O terminal and PLC power supply: 500VAC for 1 minute		
Insulation resistance	Between the I/O terminal and PLC power supply: 500VDC 20MΩ or more		
Protection degree	IP2X		
E^2PROME write count	Max. 100 thousand times		
Connection terminals	18-point terminal block		
Applicable wire size	0.3 to 0.75 mm^2		
Applicable crimping terminal	R1.25-3 (sleeved crimping terminals cannot be used)		
Online module change	Possible (Note 1)*1		
Multiple CPU system	Compatible*2		
Number of occupied I/O points	16 points (I/O assignment: intelligent)		
5VDC Internal current consumption	0.63A	0.64A	0.64A
External dimensions	98 (3.86)(H)×27.4 (1.08)(W)×90 (3.54)(D) mm(inch)		
Weight	0.18kg	0.19kg	0.19kg

ตาราง ช-4 ข้อมูลอินเตอร์เฟสโมดูล QJ71MB91

Item			Specifications	Reference
Slave function	Automatic response function	Function (for receive)	17 functions	CHAPTER 4
	MODBUS® Device size	Coil	64k points	Section 7.3.1
		Input	64k points	
		Input register	64k points	
		Holding register	64k points	
		Extended file register	Max. 1018k points	
	No. of simultaneously acceptable request messages		1 request per channel	-
	Station No.		1 to 247	Section 6.6
Number of occupied I/O points			32 points	-
5VDC internal current consumption			0.31A	-
External dimensions			98 (H) × 27.4 (W) × 90 (D) [mm]	Appendix 3
Weight			0.20kg	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช-5 ข้อมูลซีพียูโมดูล QO6HCPU

Item		Basic model QCPU			High performance model QCPU		
		Q00JCPU	Q00CPU	Q01CPU	Q02CPU	Q02HCPU	Q06HCPU
No. of device points	Special relay [SM]	1024 points (SM0 to 1023)			2048 points (SM0 to 2047)		
	Special register [SD]	1024 points (SD0 to 1023)			2048 points (SM0 to 2047)		
	Function input [FX]	16 points (FX0 to F)					
	Function output [FY]	16 points (FY0 to F)					
	Function register [FD]	5 points (FD0 to 4)					
No. of device tracking words		----					
Link direct device		Device for accessing the link device directly. Exclusively used for MELSECNET/H. Specified form: J□□\X□□, J□□\Y□□, J□□\W□□, J□□\B□□, J□□\SW□□, J□□\SB□□					
Intelligent function module device		Device for accessing the buffer memory of the intelligent function module directly. Specified form: U□□\G□□					
Latch range		L0 to 2047 (default) (Latch range can be set up for B, F, V, T, ST, C, D, and W.)			L0 to 8191 (default) (Latch range can be set up for B, F, V, T, ST, C, D, and W.)		
RUN/PAUSE contact		One contact can be set up in X0 to 7FF for each of RUN and PAUSE.			One contact can be set up in X0 to 1FFF for each of RUN and PAUSE.		
Timer function		Year, month, date, hour, minute, second and day-of-week (leap year automatically identified) Accuracy: -3.2 to +5.27s(TYP.+1.98s)/d at 0°C Accuracy: -2.57 to +5.27s(TYP.+2.22s)/d at 25°C Accuracy: -11.68 to +3.65s(TYP.-2.64s)/d at 55°C			Year, month, date, hour, minute, second, and day-of-week (leap year automatically identified) Accuracy: -3.18 to +5.25s(TYP.+2.12s)/d at 0°C Accuracy: -3.93 to +5.25s(TYP.+1.90s)/d at 25°C Accuracy: -14.69 to +3.53s(TYP.-3.67s)/d at 55°C		

ตาราง ช-6 ข้อมูลส่วนฐาน Q312B

Item		Type			
		Q33B	Q35B	Q38B	Q312B
Number of I/O modules installed		3	5	8	12
Possibility of extension		Extendable			
Applicable module		Q series modules			
Protection degree		IPOX			
5 VDC internal current consumption		0.105A	0.110A	0.114A	0.121A
Mounting hole size		M4 screw hole or ϕ4.5 hole (for M4 screw)			
External dimensions	H	98mm (3.86inch)			
	W	189mm (7.44inch)	245mm (9.65inch)	328mm (12.92inch)	439mm (17.30inch)
	D	44.1mm (1.74inch)			
Weight		0.21kg	0.25kg	0.35kg	0.45kg
Attachment		Mounting screw M4×14 4 pieces (DIN rail mounting adapter to be sold separately)			
DIN rail mounting Adapter type		Q6DIN3	Q6DIN2	Q6DIN1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช-7 ข้อมูลพาวเวอร์ซัพพลายโมดูล Q64P

Item			Performance Specifications						
			Q61P-A1	Q61P-A2	Q61P	Q62P	Q63P	Q64P	Q61SP
Contact output section	Application		$\overline{\text{ERR}}$ contact						
Contact output section	Rated switching voltage, current		24VDC, 0.5A						
Contact output section	Minimum switching load		5VDC, 1mA						
Contact output section	Response time		OFF to ON: 10ms max. ON to OFF: 12ms max.						
Contact output section	Life		Mechanical : More than 20 million times Electrical : More than 100 thousand times at rated switching voltage, current						
Contact output section	Surge suppressor		No						
Contact output section	Fuse		No						
Terminal screw size			M3.5 screw						
Applicable wire size			0.75 to $2mm^2$						
Applicable solderless terminal			RAV1.25 to 3.5, RAV2 to 3.5						
Applicable tightening torque			0.66 to 0.89N•m						
Protection degree			IP1X				IP2X	IP1X	
External dimensions		H	98mm (3.86inch)						
External dimensions		W	55.2mm (2.33inch)						27.4mm
External dimensions		D	90mm (3.55inch)					115mm (4.53inch)	104mm (4.09nch)
Weight			0.31kg		0.4kg	0.39kg	0.33kg	0.40kg	0.18kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต : การพิสูจน์และสร้างระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล

Future renewable center: Verification and Implementation of Control and Monitoring System

ณรงค์ชัย ทองนาค ณริศร์ เกิดสมจิต ณัฐกานต์ เชี่ยงฉิน และ ณัฐพงศ์ วุฒิวงษ์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 08-9619-0812 E-Mail: greentea_1991@hotmail.com

บทคัดย่อ

การออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผลของของระบบไฟฟ้าในโครงการ Future Renewable Center มีวัตถุประสงค์การออกแบบ เพื่อที่จะทำการจัดการพลังงานในโครงการ ติดตามผล และบันทึกค่าปริมาณต่างๆ เช่น ปริมาณต่างๆทางไฟฟ้า ความเร็วลม ความเข้มแสง เป็นต้น ในระบบควบคุมและเฝ้าติดตามผล โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์(PLC) ถูกใช้เป็นส่วนประมวลผล รวมถึงใช้โปรแกรม Visual Basic 2010 และ MX-component ในการออกแบบส่วนที่แสดงผลและสื่อสารระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์

คำสำคัญ : โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

Abstract

In this thesis, the designing of controlling and monitoring system for Future Renewable Center is presented. The purposes of designing are energy management, monitoring and logging measured values such as electrical quantities, wind velocity, Illuminance etc. Programmable logic controller (PLC) is used for processing. Visual Basic 2010 and MX-component is used for display designing and communication between PLC and computer.

Keyword: Programmable logic controller

1. บทนำ

ในปัจจุบันเชื้อเพลิงมีราคาแพง ต้องเสียเงินเป็นจำนวนมากในการนำเข้าเชื้อเพลิง ประกอบกับประเทศไทยมีจำนวนประชากรมากขึ้น ทำให้มีความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น จึงได้มีการนำพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งที่มาของพลังงานไฟฟ้าก็ได้มาจากพลังงานเชื้อเพลิงต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด

เพื่อช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงที่มีอย่างจำกัด และจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพ จึงได้เกิดโครงการ "Future Renewable Center" ซึ่งเป็นต้นแบบการนำพลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า ซึ่งการผลิตจำเป็นต้องมีการควบคุมและการเฝ้าติดตามผลการผลิตไฟฟ้า รวมถึงการใช้พลังงานของโหลด จึงได้มีการสร้างระบบ SCADA เพื่อใช้ในการแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า Power Factor การใช้พลังงานของโหลด และสามารถสั่งการควบคุมให้ตัดต่อสวิตช์ เพื่อให้อุปกรณ์เริ่ม/หยุดทำงาน โดยระบบ SCADA จะช่วยให้เห็นภาพรวมของการใช้พลังงานของระบบ และสามารถควบคุมระบบได้ง่าย ทำให้สะดวก ปลอดภัย และช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย

2. ทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับ SCADA

SCADA เป็นระบบตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Real-Time ใช้ในการตรวจสอบสถานะตลอดจนการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมในอุตสาหกรรม และงานวิศวกรรมต่าง ๆ นอกจากนี้ SCADA อาจทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ เช่น PLC, Controller, DCS, RTU แล้วนำผลมาแสดงข้อมูล และส่งสัญญาณควบคุมฮาร์ดแวร์ดังกล่าว

SCADA แบ่งตามโครงสร้างฮาร์ดแวร์ได้สองระดับคือ Client และ Data Server โดย Client คือ คอมพิวเตอร์ที่รับและส่งข้อมูลไปยัง Data Server จะแสดงผลการทำงานของระบบควบคุม เช่น แสดงเป็นกราฟิก กราฟแบบต่อเนื่อง แจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน หรือต้องการแจ้งเตือน เป็นต้น Client สามารถสั่งงานควบคุมไปยัง Data Server เพื่อส่งสัญญาณไปยัง PLC,DCS หรือ Controller ส่วน Data Server จะทำหน้าที่ติดต่อกับ PLC, DCS, Controller หรือ RTU ต่าง ๆ เพื่อรับสัญญาณและส่งสัญญาณไปยัง Client รับการร้องขอจาก Client เพื่อควบคุมอุปกรณ์ PLC และController ต่าง ๆ

2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับ PLC

PLC สามารถจำแนกตามโครงสร้างภายนอกได้เป็น 2 ชนิด คือ PLC ชนิดบล็อก (Block Type PLCs) และ PLC ชนิดโมดูล (Modular Type PLCs) หรือแร็ค (Rack Type PLCs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

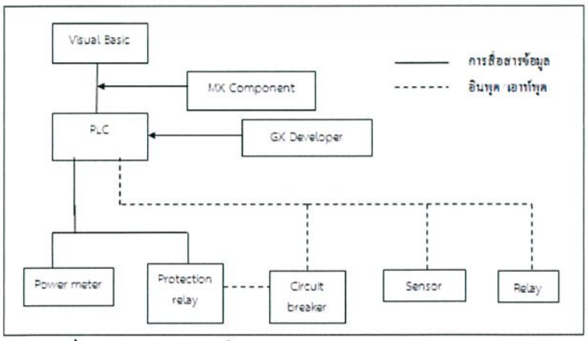
1. PLC ชนิดบล็อก จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดของPLC อยู่ในบล็อกเดียวกัน ประกอบด้วย ตัวประมวลผล หน่วยความจำ ภาคอินพุต/เอาต์พุต และแหล่งจ่ายไฟ

2. PLC ชนิดโมดูล หรือแร็ค ส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล (Modules) เช่น ภาคอินพุต/เอาต์พุต จะอยู่ในส่วนของโมดูลอินพุต/เอาต์พุต (Input / Output Units) ตัวประมวลผลและหน่วยความจำจะรวมอยู่ในซีพียูโมดูล (CPU Unit) ส่วนประกอบต่าง ๆ ของ PLC ชนิดโมดูล เมื่อต้องการใช้งาน จะถูกนำมาต่อร่วมกัน บางรุ่นใช้คอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อกันระหว่างยูนิต แต่บางรุ่นใช้ Backplane ในการรวมยูนิตเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้

3. การออกแบบ

3.1 การเลือกอุปกรณ์ควบคุมระบบ

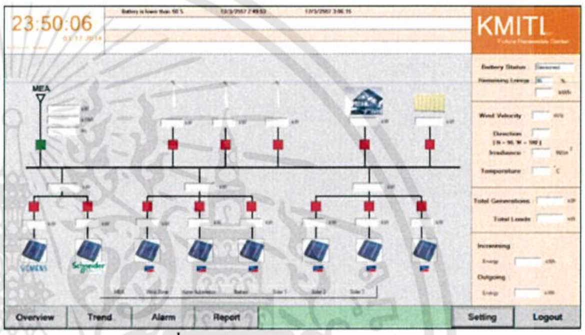
การเลือกใช้ PLC Mitsubishi รุ่น Q-series [3] ในการออกแบบได้เลือกใช้โมดูลดิจิตอลเอาท์พุทโมดูล QY41P เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตัดต่อวงจร ได้ทำการเลือกดิจิตอลอินพุทโมดูล QX41 สำหรับตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ตัดต่อวงจร การรับค่าจากเซนเซอร์ จะใช้อนาลอกอินพุตโมดูล ได้ทำเลือก Q68ADV และ Q68ADI ซึ่งจะส่งข้อมูลเป็นแรงดันและกระแส ตามลำดับ และเลือก QJ71MB91 สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่าง PLC กับพาวเวอร์มิเตอร์ ซึ่งติดต่อสื่อสารแบบ RS485 และโปรโตคอล Modbus ในส่วนของซีพียูส่วนฐาน และพาวเวอร์ซัพพลาย เลือก Q06HCPU,Q312B และ Q64P ตามลำดับในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC จะติดต่อกันในรูปแบบการสื่อสารข้อมูล RS232 หรือ RS485 ซึ่งจะมีการใช้โปรแกรม Mx Component ช่วยในการสื่อสาร ในส่วนการสื่อสารระหว่าง PLC กับ Power Meter หรือ PLC กับส่วน Protection จะติดต่อในรูปแบบการสื่อสารข้อมูล RS232 หรือ RS485 ในการสื่อสาร ในการเชื่อมต่อระหว่าง PLC กับอุปกรณ์จำพวก Circuit Breaker, Sensor, Relay จะเชื่อมต่อผ่านอินพุตโมดูลหรือเอาท์พุตโมดูลของ PLC ส่วนโปรแกรม GX Developer จะใช้ในการเขียน Ladder Diagram ของ PLC เพื่อใช้ควบคุมระบบ



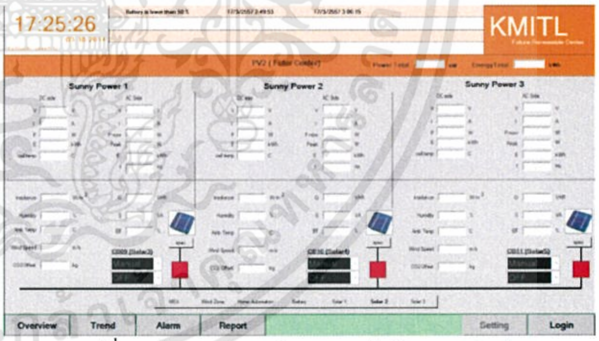
รูปที่ 1 โครงสร้างการเชื่อมต่อของระบบควบคุมและเฝ้าติดตาม

3.2 ในส่วนการออกแบบการเฝ้าติดตามผล

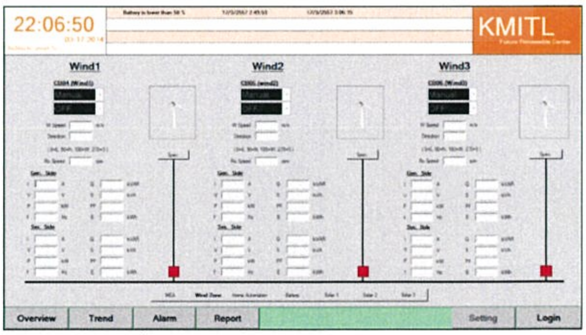
ในการออกแบบหน้าจอแสดงผล ได้ทำการออกแบบผ่านโปรแกรม Visual Basic 2010 ซึ่งจะออกแบบให้โปรแกรมมีความสามารถในการจำกัดผู้ใช้งาน (User-Password) และแสดงค่าแบบ Real-Time ซึ่งจะแสดงในช่อง Textbox ดังรูปที่ 2 การแจ้งเตือน (Alarm) การส่งสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์ การจัดเก็บข้อมูล การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบตาราง (Report) การแสดงผลในรูปแบบกราฟ (Trend) จะเฝ้าติดตามผลในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม แหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แหล่งเก็บพลังงานสำรอง ภาระทางไฟฟ้า และพลังงานในส่วนของการไฟฟ้า



รูปที่ 2 หน้าจอเฝ้าติดตามผลโดยรวม

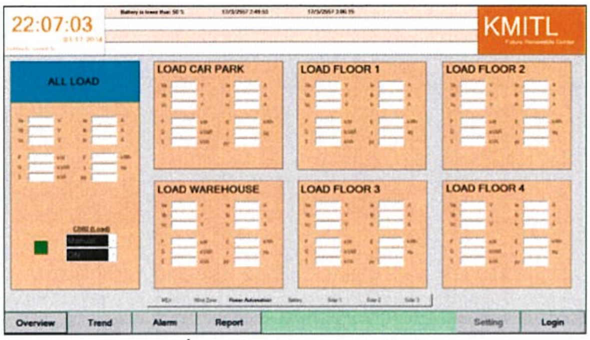


รูปที่ 3 หน้าจอแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

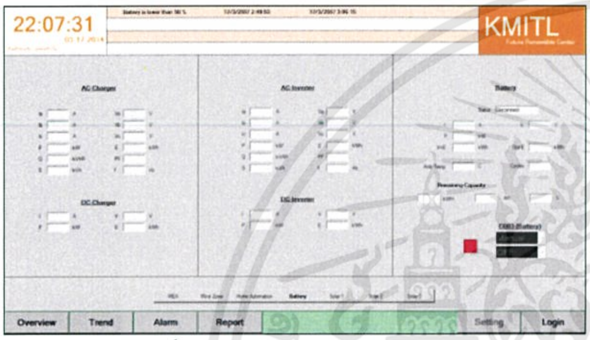


รูปที่ 4 หน้าจอแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม

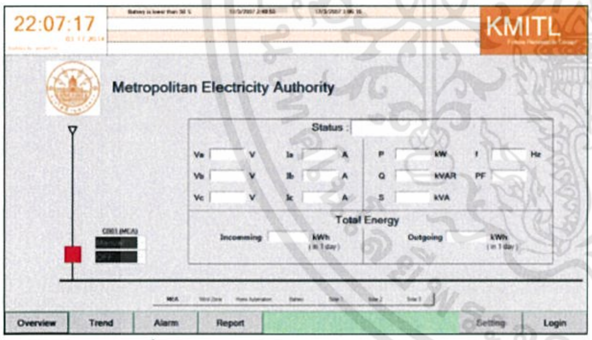
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 หน้าจอส่วนภาระทางไฟฟ้า



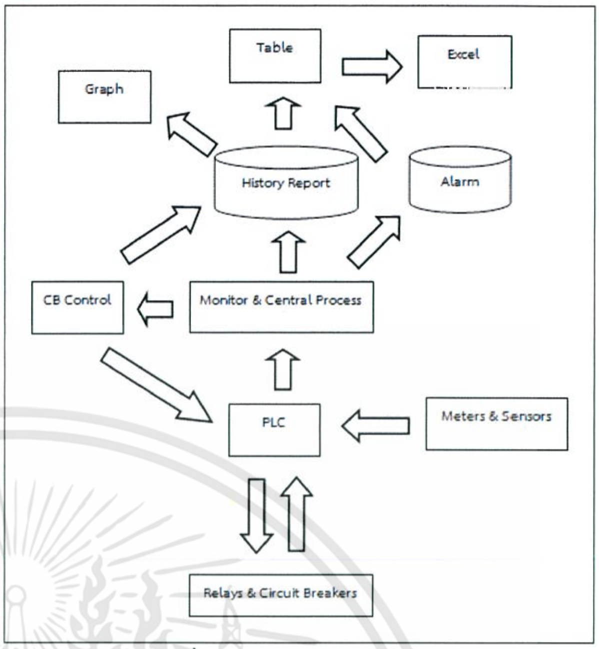
รูปที่ 6 หน้าจอส่วนแหล่งเก็บพลังงาน



รูปที่ 7 หน้าจอส่วนของไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

3.3 การจัดการข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์วัดค่า เช่น กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และ ข้อมูลจากเซนเซอร์วัดค่าต่าง ๆ จะถูกส่งเข้า PLC เพื่อประมวลผลในการจัดการพลังงานแบบอัตโนมัติ จากนั้นข้อมูลก็จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูล และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แจ้งเตือนและบันทึกเหตุการณ์ผิดปกติ แสดงผลข้อมูลในรูปแบบค่า Real-Time รูปแบบตาราง รูปแบบกราฟ และรูปแบบโปรแกรม Excel นอกจากนี้โปรแกรมควบคุมและเฝ้าติดตามยังทำหน้าที่ส่งสัญญาณคำสั่งควบคุมส่วน Relays & Circuit Breakers ไปยัง PLC เพื่อประมวลผลคำสั่งต่อไป โดยมีรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลดังนี้



รูปที่ 8 แบบแผนการจัดการข้อมูล

4. ผลการทำงานของโปรแกรม

4.1 การทำงานของระบบควบคุม

การควบคุมระบบเป็นการสั่งเปิด/ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ จากรูปที่ 2 ดังนี้ เปิดวงจรเป็นสีแดง และปิดวงจรจะสีเขียว แบ่งเป็น 3 โหมด

1. Auto โหมด Auto การเปิด/ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์จะถูกควบคุมอัตโนมัติโดย PLC

2. Manual โหมด Manual ผู้ใช้งานสามารถสั่งเปิด/ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์จากคอมพิวเตอร์ได้อย่างอิสระ

3. Local โหมดการทำงาน Local ผู้ใช้จะไม่สามารถสั่ง ปิด/เปิดเซอร์กิตเบรคเกอร์จากคอมพิวเตอร์ได้ และ PLC จะไม่มีการควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอัตโนมัติ ต้องทำการเปิด/ปิดด้วยตัวเอง

4.2 การทำงานระบบ Alarm ของโปรแกรม

โปรแกรมจะแจ้งเตือนผู้ใช้งาน เมื่อค่าของข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเครื่องมือวัดมีความผิดปกติ เช่น พลังงานไฟฟ้าที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่เหลือน้อยกว่า 50 % ระบบเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ โปรแกรมจะทำการแจ้งเตือนผู้ใช้งาน ในรูปแบบของเสียงหรือข้อความ

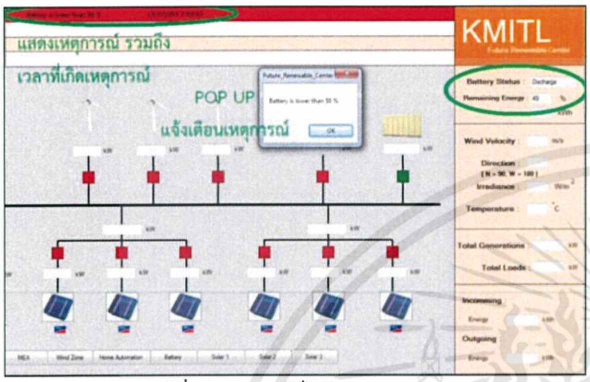
4.3 การทำงานระบบ Trend ของโปรแกรม

ในส่วนของ Trend จะมีการพล็อตกราฟ 2 แบบ คือ แบบ Real Time และ Plot โดยแบบ Real Time จะเป็นการพล็อตกราฟในเวลาปัจจุบัน ส่วน Plot จะเป็นการพล็อตกราฟภายใน 1 วันที่ต้องการ

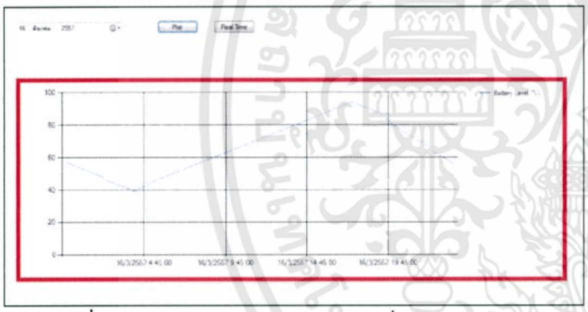
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทำงานระบบ Report ของโปรแกรม

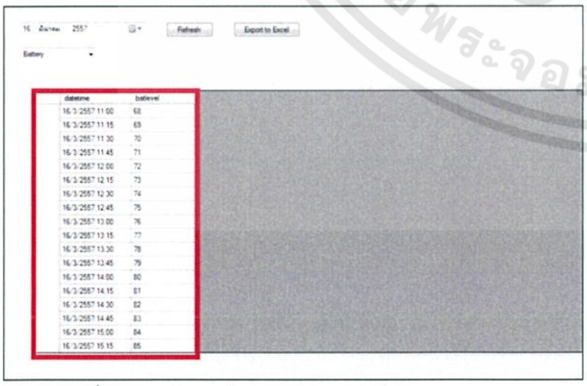
ในส่วนของ Report จะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน สามารถเลือกวันและโซนที่ต้องการ และนำข้อมูลไปแสดงที่ Microsoft Excel ได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการรวบรวมข้อมูลและการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 9 เหตุการณ์เมื่อเกิดการ Alarm



รูปที่ 10 กราฟระดับพลังงานของแบตเตอรี่ ในระบบ Trend



รูปที่ 11 ค่าพลังงานที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ในระบบ Report

5. บทสรุป

การออกแบบระบบควบคุมและเฝ้าติดตามของ Future Renewable Center แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ การสร้างโปรแกรม และการเลือกส่วนประกอบของ PLC ซึ่งโปรแกรมจะมีความสามารถในการอ่านข้อมูล เก็บบันทึกข้อมูล แสดงค่าแบบ Real-Time ในรูปแบบตารางและกราฟ การแจ้งเตือนและการส่งข้อมูลในรูปแบบของโปรแกรม Microsoft Excel จะใช้ฐานข้อมูลชนิด Local Database เป็นแหล่งข้อมูลในการจำลองการทำงานของโปรแกรม และในการควบคุมระบบมี 3 โหมดคือ Local, Auto และ Manual

6. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยจากหลาย ๆ ท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษา ให้ข้อแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณพี่จุ้ย ที่ให้คำปรึกษาต่างๆในการทำงาน ขอให้คุณประโยชน์อันใด ที่สามารถพึงเกิดขึ้นได้ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ส่งผลกลับไปถึงผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] " SCADA คืออะไร " [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก www.eda.co.th/scada.html

[2] " แนะนำให้รู้จัก PLC " [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก www.tatc.ac.th/files/0902050883921_1106010774824.pdf

[3] " MELSEC Q series data book " [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://back.es-electro.ru/res/production/files/q_db_e.pdf

[4] " Mitsubishi automation book " [ออนไลน์] เข้าถึงได้ www.mitsubishi-automation.com/db/sendfile.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย ณรงค์ชัย ทองนาค
ที่อยู่ 117/5 ซอยบางขุนนนท์ 27 แขวงบางขุนนนท์ เขตบางกอกน้อย
กรุงเทพมหานคร 10700
โทรศัพท์ : 084-6671965

นาย ณริศร์ เกิดสมจิต
ที่อยู่ 200/15 ถนนแม่น้ำแม่กลอง ตำบลปากแพรก อำเภอเมือง
กาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71000
โทรศัพท์ : 083-3095138

นาย ณัฐกานต์ เซี่ยงฉิน
ที่อยู่ 48/2 ถนนดอนนก ตำบลตลาด อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี
จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000
โทรศัพท์ : 086-9486827

นายณัฐพงศ์ วุฒิวงษ์
ที่อยู่ 2 หมู่1 ถนนศรีโกสุม ตำบลหัวขวาง อำเภอโกสุมพิสัย
จังหวัดมหาสารคาม 44140
โทรศัพท์ : 089-6190812

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้