ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต:
การออกแบบการควบคุมระบบไฟฟ้าแบบไร้สายภายในอาคาร

Future Center:
The Design of Wireless Controlling of Electrical System in the Building

โดย

ชยพัทธ์ บูรณะอนุสรณ์

ชิตพล กีรติบรรหาร

ชิตพล จินต์อัจฉริยกุล

ชินวัฒน์ เอื้อสวรรณพงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต:
การออกแบบการควบคุมระบบไฟฟ้าแบบไร้สายภายในอาคาร
Future Center:
The Design of Wireless Controlling of Electrical System in the Building

โดย

ชยพัทธ์ บูรณะอนุสรณ์
ชิตพล กีรติบรรหาร
ชิตพล จินต์อัจฉริยกุล
ชินวัฒน์ เอื้อสุวรรณพงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

Future Center:
The Design of Wireless Controlling of Electrical System in the Building

CHAYAPAT BURANAANUSORN
CHITTAPOL KEERATIBARNHARN
CHITPON JINATCHARIYAKUN
CHINNAWAT AUSUWANAPONG

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT 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: การออกแบบการควบคุมระบบไฟฟ้าแบบไร้สายภายในอาคาร

Future Center: The Design of Wireless Controlling of Electrical System in the Building

โดย

นาย ชยพัทธ์ บูรณะอนุสรณ์
นาย ชิตพล กีรติบรรหาร
นาย ชิตพล จินต์อัจฉริยกุล
นาย ชินวัฒน์ เอื้อสุวรรณพงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว
รศ.ศุลี บรรจงจิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบการควบคุมระบบไฟฟ้าแบบไร้สายภายในอาคาร

ผู้จัดทำ

1. นาย ชยพัทธ์ บูรณะอนุสรณ์
2. นาย ชิตพล กีรติบรรหาร
3. นาย ชิตพล จินต์อัจฉริยกุล
4. นาย ชินวัฒน์ เอื้อสุวรรณพงษ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาย ชมภูอินไหว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ศุลี บรรจงจิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต:
การออกแบบการควบคุมระบบไฟฟ้าแบบไร้สายภายในอาคาร

นาย ชยพัทธ์ บูรณะอนุสรณ์
นาย ชิตพล กีรติบรรหาร
นาย ชิตพล จินต์อัจฉริยกุล
นาย ชินวัฒน์ เอื้อสุวรรณพงษ์
ผศ. ดร.ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. ศุลี บรรจงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเรื่องการออกแบบการควบคุมระบบไฟฟ้าแบบไร้สายภายในอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต โดยศึกษาเทคโนโลยีในการควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้าแบบไร้สายหลายวิธี ได้แก่ บลูทูธ (Bluetooth), ไวเลส (Wireless), ซิกบี (Zigbee) และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคตมากที่สุด ทั้งทำการแบ่งวงจรย่อยของโหลดภายในอาคารตามความสามารถในการควบคุมการตัดต่อของเทคโนโลยีนั้นๆ รวมถึงการเรียงลำดับความสำคัญของโหลดเหล่านั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดสำหรับตามตรรกะการตัดต่อต่างๆ จากนั้นทำการออกแบบการใช้งานและ Layout เทคโนโลยีที่เลือกใช้ลงในตัวอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต รวมถึงการเขียนโปรแกรมทำงานร่วมกับเทคโนโลยีการควบคุมการตัดต่อนั้น เพื่อควบคุมการตัดต่อทั้งจากภายใน และภายนอกอาคาร ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

อาคารนี้ได้ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นการศึกษาวิจัยระบบต่างๆโดยมีแนวคิดที่เป็นการใช้พลังงานทางเลือกในแหล่งของพลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารแห่งนี้ ทั้งจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ โดยพลังงานไฟฟ้าหลักที่ใช้จะเป็นพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ และมีระบบพลังงานไฟฟ้าจากลมเป็นส่วนเสริม ส่วนระบบไฟฟ้าสำรองจะใช้ระบบพลังงานไฟฟ้าจากน้ำ และยังมีไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงเป็นระบบสำรองสุดท้ายเพื่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าของอาคารแห่งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Future Center:
The Design of Wireless Controlling of Electrical System in the Building

Mr. CHAYAPAT BURANAANUSORN
Mr. CHITTAPOL KEERATIBARNHARN
Mr. CHITPON JINATCHARIYAKUN
Mr. CHINNAWAT AUSUWANAPONG
Asst.Prof. Dr.Chai Chompooinwai Supervisor
Assoc.Prof. Sulee Bunjongjit Supervisor
Year 2013

ABSTRACT

This thesis proposes the design of wireless controlling of electrical system in the building in Future Center project. By studying ways to cut electrical system by any wireless technology such as bluetooth , wireless , zigbee and by selecting the most proper technology for Future Center. Then continue on redesigning sub-circuit of any kind of load according to capability of that technology and sorting load priority to cut the load according to Objective Function. After that , design application of the selected technology and lay out it into Future Center Building. Finally , program and design the program that capable to work with the technology to control the cut of the load from both inside and outside the building purposing for the most efficiency.

This building is also design for study and research for many systems and have an alternative energy such as using solar electricity generating system, electricity energy system from wind and hydroelectricity energy system. The main electricity energy for this building came from solar. Electricity energy from wind is the supplement and the hydroelectricity energy is to reserve for this building. There is a metropolitan electricity authority of Thailand's system is for the last reserve.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดีด้วย คำแนะนำ คำปรึกษา ความช่วยเหลือ ความเอาใจใส่ดูแลเป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชาย ชมพูอินไหว และรองศาสตราจารย์ ศุลี บรรจงจิต อาจารย์ที่ปรึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทั้งนี้คณะผู้วิจัยรู้สึกปลาบปลื้มและซาบซึ้งถึงพระคุณ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง รวมไปถึงคุณปุณยวีร์ ฉายศิริ ที่ได้กรุณาให้ข้อแนะนำ คำปรึกษา แนวคิดในการแก้ปัญหา และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานมาด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจแก้ไข ปริญญานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณครูและคณาอาจารย์ทุกท่านที่ได้คอยอบรมสั่งสอน คอยดูแลเอาใจใส่และคอยอบรมวิชาความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาของวิชาต่างๆที่ได้ร่ำเรียนมาตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันที่ทำให้สามารถนำความรู้ต่างๆที่ได้จากคณาจารย์ทุกท่านมาประยุกต์พัฒนา และนำมาประกอบจัดทำเป็นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ขอบพระคุณบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือเรื่องต่างๆ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณพี่ๆในห้องแลบ ESIRC ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำดีๆในการช่วยเหลือคณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดในชีวิตคือ บิดา มารดาและครอบครัวที่ได้คอยดูแลเอาใจใส่ คอยสนับสนุนด้านการศึกษาอย่างเต็มที่ตลอด คอยเป็นกำลังใจและค่อยให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งที่ได้กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนาม หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยก็ขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน	2
1.5 แผนการดำเนินโครงงาน	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎีเทคโนโลยีไวเลส	6
2.2 ทฤษฎีเทคโนโลยีบลูทูธ	7
2.2.1 เทคโนโลยีบลูทูธดั้งเดิม	7
2.2.2 เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ	8
2.2.3 ความแตกต่างระหว่างบลูทูธพลังงานต่ำกับบลูทูธดั้งเดิม	8
2.3 ทฤษฎีเทคโนโลยีไวเลสแลน	10
2.4 ทฤษฎีเทคโนโลยี IEEE 802.15.4 / ZigBee	10
2.4.1 จุดเริ่มต้นของซิกบี	11
2.4.2 คุณสมบัติของซิกบี	12
2.4.3 คุณลักษณะทั่วไปของซิกบี	13
2.4.4 ประเภทของการใช้งานช่องสัญญาณตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4	13
2.4.5 ประเภทของอุปกรณ์เชิงกายภาพที่มีราคาต่ำ	14
2.4.6 โปรโตคอลซิกบี	15
2.4.7 กลไกการรักษาความปลอดภัยของซิกบี	16
2.5 ทฤษฎีโครงข่ายซิกบี	16
2.5.1 Star (Broadcast)	16
2.5.2 Cluster Tree (Tree)	17
2.5.3 Mesh	17
2.6 ทฤษฎีรีเลย์	19
2.6.1 หลักการเบื้องต้น	19
2.6.2 หน้าสัมผัสของรีเลย์	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6.3 ชนิดของรีเลย์	21
2.6.4 การเลือกซื้อรีเลย์	23
2.6.5 การตรวจสอบรีเลย์	24
2.6.6 การประยุกต์ใช้งานรีเลย์	25
2.7 ทฤษฎีแมกเนติกคอนแทคเตอร์	26
2.7.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของแมกเนติกคอนแทกเตอร์	27
2.7.2 หลักการทำงาน	30
2.7.3 ชนิดและขนาดของแมกเนติกคอนแทกเตอร์	30
2.7.4 การพิจารณาเลือกไปใช้งาน	31
2.8 การใช้งานพื้นฐานของซิกบี	31
2.8.1 องค์ประกอบเครือข่ายซิกบี	31
2.8.2 การพัฒนาเครือข่ายซิกบี	33
2.8.3 ตัวอย่างการสร้างโครงข่ายซิกบี	34
2.8.4 ข้อมูลโดยสรุปของเครือข่ายซิกบี	36
2.8.5 เครือข่ายซิกบีถูกสร้างและรักษาตัวเองได้อย่างไร	37
2.8.6 ความเร็วของเครือข่ายซิกบี	37
2.8.7 การจัดการอุปกรณ์บนเครือข่ายซิกบี	38
2.8.8 สร้างเครือข่ายซิกบีแรกของคุณเอง	38
2.8.9 เทคโนโลยีที่ 1	39
2.8.10 หมายเลข Serial	40
2.8.11 หาหมายเลข serial ด้วยตนเอง	41
2.8 การออกแบบระบบไฟฟ้า	42
2.8.1 ชนิดของสายหุ้มฉนวน	42
2.8.2 การใช้งานของสายไฟฟ้า	43
2.8.3 การต่อลงดิน	49
2.8.4 การเดินสายตัวนำในช่องเดินสายไฟเดียวกันมากกว่า 3 เส้น	50
2.8.5 จำนวนสายตัวนำสูงสุดที่สามารถร้อยในท่อปกติ	50
บทที่ 3 การออกแบบระบบตัดต่อทางไฟฟ้า	52
3.1 การเลือกวิธีควบคุมการตัดต่อแบบไร้สาย	55
3.2 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเทคโนโลยีแบบต่างๆ	56
3.3 การจัดทำรายการเทคโนโลยีชุดทดสอบ	59
3.4 การติดตั้งรีเลย์และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ในโหลดที่แตกต่างกัน	62
3.5 การออกแบบการจัดวางและการทดสอบเทคโนโลยีชุดทดสอบ	66
3.5.1 การออกแบบการจัดวางเทคโนโลยีชุดทดสอบ	66
3.5.2 การออกแบบการทดสอบเทคโนโลยีชุดทดสอบ	67

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น การอ้างอิงหรือสำเนาส่วนใดส่วนหนึ่งของเอกสารนี้ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.6 การออกแบบติดตั้งใช้งานจริง	71
3.6.1 ด้านการป้องกัน	71
3.6.2 ด้านความปลอดภัย	71
บทที่ 4 การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร	74
4.1 การนำโหลดมาแบ่งวงจรย่อย	74
4.2 การนำวงจรย่อยมาเรียงลำดับความสำคัญ	77
4.3 การทำ Balance Phase ภายในส่วนอาคารของโครงการ	80
4.4 วันไลน์ไดอะแกรมภายในอาคารของโครงการ	84
4.5 การเขียนแบบไฟฟ้าภายในอาคาร	94
บทที่ 5 การออกแบบและเขียนโปรแกรม	111
5.1 โครงข่ายระบบ Monitoring ของระบบควบคุม Zigbee	111
5.1.1 ส่วนฐานข้อมูล SQL	112
5.1.2 ส่วนโปรแกรม	114
5.1.3 ส่วนเว็บไซต์	115
5.2 โปรแกรมควบคุมที่เขียนด้วยภาษา C#	116
5.2.1 อินเตอร์เฟสโปรแกรมควบคุม	116
5.2.2 การเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปในแผนที่	118
5.2.3 การลบอุปกรณ์ออกจากแผนที่	118
5.2.4 เมนูคำสั่งและสถานะต่างๆในโปรแกรม	120
5.3 เว็บไซต์ระบบควบคุม	129
5.4 ฐานข้อมูล SQL	132
5.4.1 ตาราง cmd_device	133
5.4.2 ตาราง cmd_remote	133
5.4.3 ตาราง cmd_web	134
5.4.4 ตาราง device_information	134
5.4.5 ตาราง fc_user	135
5.4.6 ตาราง sensor_setting	136
5.4.7 ตาราง usage_log	136
5.5 ตัวอย่างการทำงานร่วมกันในการควบคุม	137
5.5.1 ควบคุมระบบจากโปรแกรม	139
5.5.2 ควบคุมระบบจากเว็บไซต์	142
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	143
6.1 บทสรุป	143
6.2 ข้อเสนอแนะ	144
เอกสารอ้างอิง	145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	146
ภาคผนวก ก ข้อมูลของ Relay บนเทคโนโลยีที่ 1	147
ภาคผนวก ข บทความวิชาการ	151
ประวัติผู้เขียน	156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Star (Broadcast) Network	17
2.2 Cluster (Tree) Network	17
2.3 Mesh Network	18
2.4 โครงข่ายผสม	18
2.5 รูปและสัญลักษณ์ของรีเลย์	19
2.6 หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์	20
2.7 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของชุดหน้าสัมผัสแบบ 4PST	20
2.8 หน้าสัมผัสแบบ SPDT	21
2.9 หน้าสัมผัสแบบ SPDT แบบ Break – Make และ Make – Break	21
2.10 รีเลย์ชนิดอาร์เมเจอร์	22
2.11 รีเลย์ชนิดรีดรีเลย์	22
2.12 รีเลย์ชนิดรีดสวิตช์	23
2.13 โซลิดสเตตรีเลย์	23
2.14 การใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสภาพรีเลย์	24
2.15 รูปร่าง ฐานรองยึด และตำแหน่งขารีเลย์	24
2.16 การนำรีเลย์ไปต่อเป็นสวิตช์ในวงจรกันขโมย	25
2.17 การนำรีเลย์มาต่อเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อทำไฟกระพริบ	25
2.18 การนำรีดสวิตช์ไปใช้ในวงจรกันขโมย	26
2.19 แมคเนติกคอนแทกเตอร์	26
2.20 แมคเนติกคอนแทกเตอร์แต่ละยี่ห้อ	27
2.21 ลักษณะโครงสร้างภายในของแมคเนติกคอนแทกเตอร์	27
2.22 แกนเหล็กอยู่กับที่ (Fixed core) และแกนเหล็กเคลื่อนที่ (Stationary core)	28
2.23 ขดลวด	28
2.24 หน้าสัมผัส (Contact)	28
2.25 ภาพส่วนประกอบภายนอกของหน้าสัมผัสหลัก	29
2.26 ภาพส่วนประกอบภายนอกของหน้าสัมผัสปกติ	29
2.27 การทำงานของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์หลัก	30
2.28 สัญลักษณ์ของโคออดิเนเตอร์ เอ็นพ้อย และเราท์เตอร์ ตามลำดับ	33
2.29 การสื่อสารระหว่างโคออดิเนเตอร์และเอ็นพ้อย	33
2.30 การสื่อสารระหว่างโคออดิเนเตอร์และเราท์เตอร์	33
2.31 การสื่อสารระหว่างโคออดิเนเตอร์ , เอ็นพ้อย และเราท์เตอร์	34
2.32 ตัวอย่างโครงข่ายซิกบีที่ 1	34
2.33 ตัวอย่างโครงข่ายซิกบีที่ 2	34
2.34 ตัวอย่างโครงข่ายซิกบีที่ 3	35
2.35 ตัวอย่างโครงข่ายซิกบีที่ 4	35

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.36 ตัวอย่างโครงข่ายซิกบีที่ 5	36
2.37 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นโคออดิเนเตอร์	39
2.38 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเราท์เตอร์	39
2.39 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเอ็นพ้อย ZR15_ZBMESH	40
2.40 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเอ็นพ้อย ZADR810ProZR_ZBMESH	40
2.41 หมายเลขซีเรียลของโมดูลซิกบีแต่ละแบบ	41
2.42 ตัวอย่างสาย VAF	42
2.43 ตัวอย่างสาย VFF	42
2.44 ตัวอย่างสาย VSF	42
2.45 ตัวอย่างสาย THW	43
2.46 ตัวอย่างสาย VCT 4 แกน	43
2.47 ตัวอย่างสาย NYY 4 แกน	43
2.48 ตัวอย่างสาย NYY มีสายดิน	43
3.1 แผนผังการทำงาน (Flow Chart) เทอม 1	53
3.2 แผนผังการทำงาน (Flow Chart) เทอม 2	54
3.3 Datasheet ส่วนหน้าสัมผัสของ Relay ของเทคโนโลยี	62
3.4 การต่อรีเลย์กับโหลดเบา	63
3.5 การต่อรีเลย์และสวิตช์ฉุกเฉินกับโหลดเบาที่จำเป็น	64
3.6 การต่อซิกบี รีเลย์และแมกเนติกคอนแทกเตอร์กับโหลดหนัก	65
3.7 การจัดวางและติดตั้งเทคโนโลยี	66
3.8 การทดสอบการทำงานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์	68
3.9 การทดสอบอุปกรณ์ตามหน้าที่ของแต่ละตัว	68
3.10 การทดสอบระยะทางการรับ/ส่งข้อมูล	69
3.11 การทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้า	69
3.12 โปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าภายในอาคาร	70
3.13 ระบบป้องกันกระแสเกิน	71
3.14 ระบบตรวจจับไฟไหม้	72
3.15 ระบบเตือนเมื่อมีคนเข้า/ออก	72
3.16 ระบบเปิดไฟอัตโนมัติ	73
4.1 วันไลน์ไดอะแกรมของตู้ MDB	84
4.2 วันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP1	85
4.3 วันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP2	86
4.4 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP2 วงจร(เซอร์กิต)ที่เจ็ดถึงสิบสอง	87
4.5 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP2 วงจร(เซอร์กิต)ที่หนึ่งถึงหก	88
4.6 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP2 วงจร(เซอร์กิต)ที่สิบสามถึงสิบแปด	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 วันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP3	89
4.8 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP3 วงจร(เซอร์กิต)ที่เจ็ดถึงสิบสอง	90
4.9 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP3 วงจร(เซอร์กิต)ที่หนึ่งถึงหก	91
4.10 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP3 วงจร(เซอร์กิต)ที่สิบสามถึงสิบแปด	91
4.11 วันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LC3	92
4.12 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LC3 วงจร(เซอร์กิต)ที่หกถึงสิบสอง	93
4.13 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP3 วงจร(เซอร์กิต)ที่หนึ่งถึงห้า	93
4.14 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 1	95
4.15 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 1 – ห้องเก็บของ	96
4.16 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 1 – ห้องวางถังบำบัดน้ำเสีย	97
4.17 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 1 – ลานอเนกประสงค์และที่จอดรถจักรยาน	98
4.18 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2	99
4.19 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2 – ห้องสำนักงาน	100
4.20 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2 – ห้องประชุม	101
4.21 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2 – ห้องน้ำ	102
4.22 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2 – ห้องจัดแสดง	103
4.23 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2 – โถงทางเดิน	104
4.24 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 3	105
4.25 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 3 – ห้องควบคุม	106
4.26 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 3 – ห้องนอน	107
4.27 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 3 – ห้องวิจัย	108
4.28 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 3 – โถงทางเดิน	109
4.29 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นดาดฟ้า	110
5.1 แผนผังส่วนประกอบของระบบควบคุม	111
5.2 โปรแกรม “phpMyAdmin” ที่ใช้จัดการฐานข้อมูล “SQL”	112
5.3 รายชื่อฐานข้อมูล ใน “phpMyAmin”	112
5.4 รายชื่อตาราง ใน “phpMyAmin”	113
5.5 รายชื่อคอลัมน์ใน “phpMyAmin”	113
5.6 รายละเอียดหน้าจอโปรแกรมควบคุม	114
5.7 ตัวอย่างการแสดงสถานะของอุปกรณ์ภายในโปรแกรม	114
5.8 หน้าจอส่วนรักษาความปลอดภัยภายในส่วนเว็บไซต์	115
5.9 ตัวอย่างการแสดงสถานะอุปกรณ์ภายในเว็บไซต์	115
5.10 อินเตอร์เฟสโปรแกรมควบคุม/ประมวลผล	116
5.11 แผนที่และการแสดงสถานะของระบบ แบบ Real time	117
5.12 การเพิ่มอุปกรณ์ลงบนแผนที่	118

เอกสารนี้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.13 การลบอุปกรณ์ออกจากแผนที่	119
5.14 เมนูควบคุมระบบ	119
5.15 การเข้าสู่ระบบและออกจากระบบ	120
5.16 การเปลี่ยนโหมด	120
5.17 หน้าจอแสดงผลสถานะของอุปกรณ์ทั้งหมดแบบ Real time	121
5.18 หน้าจอแสดงผลข้อมูลเซนเซอร์ทั้งหมดที่อยู่ในระบบแบบ Real time	122
5.19 หน้าจอสถานะการเปิด/ปิดของอุปกรณ์ ทั้งหมดที่อยู่ในระบบ แบบ Real time	123
5.20 หน้าจอการ เพิ่ม/เปลี่ยน/ลบ อุปกรณ์ของฐานข้อมูลระบบ	124
5.21 หน้าจอ เพิ่ม/แก้ไข/ลบ โหมดการควบคุมของระบบ	125
5.22 หน้าจอ เพิ่ม/แก้ไข/ลบ ข้อกำหนดการเตือน	127
5.23 หน้าจอแสดงข้อมูลการทำงานของโปรแกรม	128
5.24 หน้าล็อกอินเพื่อเข้าไปควบคุมจัดการระบบบนเว็บ	129
5.25 หน้าเว็บแสดงข้อมูล Real time ของสถานะอุปกรณ์ต่างๆ (Status)	130
5.26 หน้าเว็บใช้ควบคุมการเปิด/ปิดอุปกรณ์ ในระบบ (Control)	130
5.27 หน้าเว็บแสดงข้อมูลการเข้าใช้ระบบ ควบคุม (Usage Log)	131
5.28 ส่วนควบคุมฐานข้อมูล mysql (phpmyadmin)	132
5.29 ตารางในฐานข้อมูล future_center	132
5.30 ลักษณะข้อมูลในตาราง “cmd_device”	133
5.31 ลักษณะข้อมูลในตาราง “cmd_remote”	133
5.32 ลักษณะข้อมูลในตาราง “cmd_web”	134
5.33 ลักษณะข้อมูลในตาราง “device_information”	134
5.34 ลักษณะข้อมูลในตาราง “device_information” (ต่อ)	135
5.35 ลักษณะข้อมูลในตาราง “fc_user”	136
5.36 ลักษณะข้อมูลในตาราง “sensor_setting”	136
5.37 ลักษณะข้อมูลในตาราง “usage_log“	136
5.38 ข้อมูลคุณลักษณะของอุปกรณ์ “Test1”	137
5.39 การเพิ่มการแสดงสถานะเพิ่มเข้าไปในแผนที่	138
5.40 การเลือกอุปกรณ์ที่จะเพิ่มเข้าไปในแผนที่	138
5.41 สถานะของอุปกรณ์ของระบบหลังเพิ่มการแสดงสถานะอุปกรณ์เข้าไปในระบบ	139
5.42 ปุ่มควบคุมสถานะของระบบ	140
5.43 การเปลี่ยนสถานะ เมื่อมีการกดเปลี่ยนสถานะ	140
5.44 การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลบนฐานข้อมูล SQL	141
5.45 การเปลี่ยนแปลงบนเว็บไซต์	141
5.46 การเปิดฟังชั่นการควบคุมด้วยการ ”remote” และ “Website”	142
ก.1 Datasheet ของ Relay พิกัด 10 A บนเทคโนโลยีที่ 1 (หน้า1)	148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.2 Datasheet ของ Relay พิกัด 10 A บนเทคโนโลยีที่ 1 (หน้า2)	149
ก.3 Datasheet ของ Relay พิกัด 10 A บนเทคโนโลยีที่ 1 (หน้า3)	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานภาคการศึกษาที่ 1	3
1.2 แผนการดำเนินงานภาคการศึกษาที่ 2	4
2.1 การเปรียบเทียบ Wireless Technologies	7
2.2 การเปรียบเทียบ Bluetooth Technologies	9
2.3 ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าที่ผลิตตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิขณะใช้งาน 70 องศาเซลเซียส	44
2.4 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PVC ตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 °C ขนาดแรงดัน 300 V และ 750V อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) และ 30 °C (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ)	47
2.5 วิธีการเดินสายและติดตั้ง	48
2.6 ขนาดของสายดินอุปกรณ์ไฟฟ้าตามข้อกำหนดของ วสท.	49
2.7 ตัวคูณลดค่ากระแสในกรณีมีการเดินสายจำนวนหลายเส้นภายในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกัน	50
2.8 จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนแกนเดียว (THW) ที่มีขนาดเท่ากันทุกเส้น	51
3.1 ตารางเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ 1 กับเทคโนโลยีที่ 2	56
3.2 ตารางการเปรียบเทียบทางด้าน Software และการพัฒนา Software	57
3.3 ตารางอุปกรณ์และหน้าที่ อุปกรณ์เสริม	59
3.4 ตารางราคาอุปกรณ์และอุปกรณ์เสริม	61
4.1 การแบ่งจำนวนวงจรย่อยของชั้น 1	74
4.2 การแบ่งจำนวนวงจรย่อยของชั้น 2	75
4.3 การแบ่งจำนวนวงจรย่อยของชั้น 3	76
4.4 การแบ่งจำนวนวงจรย่อยของชั้นดาดฟ้า	76
4.5 การเรียงลำดับคำสำคัญของวงจรย่อยชั้น 1	77
4.6 การเรียงลำดับคำสำคัญของวงจรย่อยชั้น 2	78
4.7 การเรียงลำดับคำสำคัญของวงจรย่อยชั้น 3	79
4.8 การเรียงลำดับคำสำคัญของวงจรย่อยชั้นดาดฟ้า	79
4.9 บาลานซ์โหลดชั้นที่ 1	80
4.10 บาลานซ์โหลดชั้นที่ 2	81
4.11 บาลานซ์โหลดชั้นที่ 3	82
4.12 บาลานซ์โหลดส่วนกลางและชั้นดาดฟ้า	83
4.13 ความหมายของสัญลักษณ์	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา [1]

ในปัจจุบันปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามทรัพยากรธรรมชาติที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า เช่น เชื้อเพลิงฟอสซิลจำพวกก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน หรือถ่านหิน นับวันก็ยิ่งมีปริมาณลดลงและกำลังจะหมดไป ทำให้โลกกำลังก้าวเข้าสู่วิกฤตการณ์ขาดแคลนพลังงานจึงมีความจำเป็นในการสรรหาพลังงานทางเลือกอื่นไม่ว่าจะเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานนิวเคลียร์ หรือพลังงานทดแทนจากแหล่งอื่นๆ มาทดแทนพลังงานจากทรัพยากรธรรมชาติดังกล่าว จึงกำเนิดโครงการ Future Center หรือ ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต ขึ้นเพื่อศึกษาและวิจัยการนำพลังงานทางเลือกอื่นมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอยู่ภายใต้พื้นฐานของ “การอยู่ได้ด้วยตัวเอง”“เป็นพลังงานสะอาด” และ “มีความยั่งยืน”

โครงการ Future Centerเป็นศูนย์ศึกษาและทดลองการใช้เทคโนโลยีต่างๆในการจัดการหรือรองรับสำหรับพลังงานทางเลือกที่มาจากทั้งพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม โดยจะมีการเชื่อมต่อถึงกันที่ส่วนต่างๆของระบบไฟฟ้าภายในโครงการทุกส่วน ทั้งในตัวอาคาร ลาดจอดรถ ไฟถนน แผงอุปกรณ์เซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลมและแบตเตอรี่ ซึ่งต้องอาศัยทั้งระบบควบคุมและระบบป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีคุณภาพและสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและราบรื่น

ดังนั้นในการควบคุมการตัดต่อของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆในระบบ จึงต้องมีการศึกษาหาข้อมูลอย่างละเอียดในหลายเรื่อง เช่น การสำรวจข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวัน , การเลือกอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการตัดต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น รวมถึงการเลือกศึกษาและใช้งานเทคโนโลยีใหม่เพื่อมุ่งเน้นให้ครอบคลุมทุกความเสี่ยงจนสามารถป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว , ปลอดภัย , มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปศึกษาหรือใช้งานต่อยอดได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบการทำงานร่วมกันระหว่างวิธีควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้ากับอุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้า ให้สามารถใช้งานในโครงการ Future Center ได้อย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1.2.2 เพื่อศึกษาและออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบควบคุมการตัดต่อไฟฟ้าภายในอาคาร Future Center ให้สามารถทำงานคู่กันได้อย่างราบรื่นและปลอดภัย

1.2.3 เพื่อออกแบบและเขียนโปรแกรม ให้สามารถควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้าภายในอาคารได้ทั้งจากภายในและภายนอกอาคาร ได้อย่างชาญฉลาด

1.2.4 เพื่อเป็นต้นแบบของการจัดการและควบคุมระบบไฟฟ้าแบบไร้สายของโครงการที่มีการใช้พลังงานทดแทนในพื้นที่ห่างไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิธีควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้าแบบไร้สาย

1.3.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ตัดต่อระบบไฟฟ้า

1.3.3 ศึกษาและออกแบบการทำงานร่วมกันของวิธีควบคุมการตัดต่อกับอุปกรณ์ตัดต่อระบบไฟฟ้า

1.3.4 ศึกษาพฤติกรรมของโหลดต่างๆในโครงการ Future Center

1.3.5 ศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้า

1.3.6 ศึกษาและใช้โปรแกรมในการเขียนแบบระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม

1.3.7 ศึกษาและเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน

1.4.1 ศึกษาระบบไฟฟ้าภายในอาคาร FC (Future Center) ของโครงการ

1.4.2 ศึกษาวิธีควบคุมการตัดต่อไฟฟ้าไร้สายแบบต่างๆ

1.4.3 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและเลือกใช้หนึ่งในวิธีที่เหมาะสมที่สุด

1.4.4 ตรวจสอบโหลดภายในอาคารและปรับแก้ให้เหมาะสม

1.4.5 ศึกษาการทำงานร่วมกันของวิธีควบคุมการตัดต่อที่เลือกกับอุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้า

1.4.6 เลือกศึกษาการทำงานร่วมกันของวิธีที่เลือกกับอุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้าจากเทคโนโลยีใดเทคโนโลยีหนึ่ง (เทคโนโลยีที่ 1)

1.4.7 จัดทำรายการสินค้าชุดทดสอบจากเทคโนโลยีนั้นและออกแบบการติดตั้งเทคโนโลยีชุดทดสอบ พร้อมทั้งออกแบบการใช้งานกับโหลดแบบต่างๆ

1.4.8 แบ่งจำนวนย่อยของโหลดในอาคารตามความสามารถการตัดต่อโหลดของอุปกรณ์ตัดต่อบนเทคโนโลยีนั้น พร้อมทั้งเรียงลำดับความสำคัญของโหลด

1.4.9 สรุปผลและรวบรวมข้อมูลเพื่อทำรูปเล่มและนำเสนอโครงงานภาคการศึกษาที่ 1

1.4.10 เลือกศึกษาเทคโนโลยีอีกรูปแบบหนึ่ง (เทคโนโลยีที่ 2)

1.4.11 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด

1.4.12 จัดทำตารางโหลดภายในอาคารและทำการ balance โหลดให้เรียบร้อย

1.4.13 ศึกษาและใช้โปรแกรม AutoCAD ในการเขียนแบบไฟฟ้าภายในอาคาร

1.4.14 ปรับแก้รายการเทคโนโลยีชุดทดสอบเพิ่มเติม และออกแบบการทดสอบอุปกรณ์

1.4.15 ออกแบบการประยุกต์ใช้งานจริงทั้งในและในและนอกอาคาร Future Center

1.4.16 ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษา C# , php , SQL และ HTML

1.4.17 เขียนโปรแกรมควบคุมจากภายในและภายนอกอาคารโดยผ่านฐานข้อมูลกลาง

1.4.18 สรุปผลและรวบรวมข้อมูลเพื่อทำรูปเล่มและนำเสนอโครงงานภาคการศึกษาที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคการศึกษาที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินการ	พ.ศ. 2556				
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
ศึกษาระบบไฟฟ้าภายในอาคาร FC(Future Center) ของโครงการจากโครงงานในปีการศึกษาที่ผ่านมา	←	→			
ศึกษาวิธีควบคุมการตัดต่อไฟฟ้าแบบต่างๆ คือ ZigBee , Bluetooth , Wireless และ Wire สาย	←	→			
ตรวจสอบโหลดภายในอาคารและปรับแก้ให้เหมาะสม	←	→			
เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและเลือกใช้วิธีควบคุมการตัดต่อดังกล่าวที่เหมาะสมที่สุด		←	→		
ศึกษาการทำงานร่วมกันของวิธีที่เลือกกับอุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้า			←	→	
เลือกศึกษาการทำงานร่วมกันของวิธีที่เลือกกับอุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้าจากเทคโนโลยีใดเทคโนโลยีหนึ่ง (เทคโนโลยีที่ 1)			←	→	
จัดทำรายการเทคโนโลยีชุดทดสอบและออกแบบการติดตั้งเทคโนโลยีชุดทดสอบ พร้อมทั้งออกแบบการใช้งานอุปกรณ์ตัดต่อของเทคโนโลยีนั้นกับโหลดรูปแบบต่างๆ				←	→
แบ่งจำนวนย่อยของโหลดในอาคารตามความสามารถการตัดต่อโหลดของอุปกรณ์ตัดต่อบนเทคโนโลยีนั้น พร้อมทั้งเรียงลำดับความสำคัญของโหลด				←	→
สรุปผลและรวบรวมข้อมูลเพื่อทำรูปเล่มและนำเสนอโครงงานภาคการศึกษาที่ 1					← →

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคการศึกษาที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินการ	พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2557		
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
เลือกศึกษาเทคโนโลยีอีกหนึ่งรูปแบบ (เทคโนโลยีที่ 2)	←	→			
เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด		←	→		
จัดทำตารางโหลดภายในอาคารและทำการ balance โหลดให้เรียบร้อย		←	→		
ปรับแก้รายการเทคโนโลยีชุดทดสอบเพิ่มเติม และออกแบบการทดสอบอุปกรณ์ด้านต่างๆ		←	→		
ศึกษาและใช้โปรแกรม AutoCAD ในการเขียนแบบไฟฟ้าภายในอาคาร			←	→	
ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษา C# , php , SQL และ HTML			←	→	
ออกแบบการประยุกต์ใช้งานจริงทั้งในและในและนอกอาคาร Future Center				←	→
เขียนโปรแกรมควบคุมจากภายในและภายนอกอาคารโดยผ่านฐานข้อมูลกลาง				←	→
สรุปผลและรวบรวมข้อมูลเพื่อทำรูปเล่มและนำเสนอโครงงานภาคการศึกษาที่ 2				←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.6.1 ได้ความรู้ในการใช้วิธีแบบใหม่ในการควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้า

1.6.2 ได้ความรู้ในการออกแบบระบบไฟฟ้าและได้ใช้โปรแกรมเพื่อเขียนแบบไฟฟ้า

1.6.3 ได้ความรู้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบไฟฟ้า

1.6.4 เพื่อส่งเสริมการนำพลังงานทางเลือกมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและมากขึ้นในอนาคต

1.6.5 โครงการนี้สามารถเป็นต้นแบบและนำมาต่อยอดประยุกต์ใช้กับอาคารบ้านเรือนหรือสำนักงานในอนาคต

1.6.6 ฝึกทักษะการทำงานร่วมกันเป็นหมู่คณะ รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และยังเป็นการฝึกให้เป็นคนตรงต่อเวลาและมีความรับผิดชอบมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเทคโนโลยีไวเลส [2]

การเชื่อมต่อไร้สายมีมานานและไม่มีการประยุกต์ใหม่ๆ เทคโนโลยีไวเลสมีมากว่า 30 ปี โดยถูกนำไปใช้กับสิทธิบัตรเกี่ยวกับวิทยุ และใน 10 ปีที่ผ่านมา เป็นพื้นฐานของสิทธิบัตรเกี่ยวกับเทคโนโลยีวิทยุ เช่น Wireless LAN (IEEE 802.11), IEEE 802.15.4 และ Bluetooth technology (IEEE 802.15.1) จนกลายเป็นเทคโนโลยีไร้สายที่สำคัญ โดยในปี 2011 Bluetooth low energy technology เข้ามามีบทบาทในการใช้งานเป็นอย่างมาก

การเปรียบเทียบเทคโนโลยีไร้สายกับการเดินสายสื่อสารหรือสายคอนโทรล

ข้อดีของการใช้ Wireless

- น้ำหนักเบา และ เคลื่อนย้ายสะดวก
- ส่งสัญญาณในระยะไกล และ ประยุกต์ใช้เมื่อสายเคเบิลมีปัญหา
- จัดการกับปัญหาราคาที่แพงจากการบำรุงรักษาสายเคเบิล
- รวดเร็วและง่ายต่อการติดตั้งและใช้งาน
- มีความยืดหยุ่นสูงในการประยุกต์การติดตั้ง
- เพิ่มความปลอดภัยในพื้นที่เสี่ยงกรณีที่สายเคเบิลไม่ยาวพอ
- ง่ายต่อการรวมอุปกรณ์เข้าไปในเครือข่าย
- มีความยืดหยุ่นในการสื่อสารของมนุษย์

เทคโนโลยีไวเลสตัวไหนเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด ?

เทคโนโลยีไวเลสแต่ละเทคโนโลยีมีลักษณะและความแข็งแรงที่แตกต่างกัน โดยพื้นฐานเทคโนโลยีไวเลส ไม่ว่าจะเป็น LAN, Bluetooth technology และ IEEE 802.15.4 รวมถึงสิทธิบัตรอื่นๆ ทั้งหมดถูกใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเฉพาะในเรื่องของการใช้งาน ยังคงมีสิ่งหลักอื่นๆที่ควรคำนึง เช่น จำนวนการรับส่งข้อมูล ความแข็งแรง หรือ การใช้พลังงาน(ในกรณี อุปกรณ์ใช้แบตเตอรี่) ที่เหมาะสมและพอดีกับการประยุกต์ใช้งาน ไม่มากและน้อยจนเกินไป

เทคโนโลยี Wireless LAN มักถูกใช้ในการวางแผนการผลิตและการเข้าถึงข้อมูลรวมไปถึงการรับส่งที่รวดเร็ว เทคโนโลยี Bluetooth ใช้กับอุปกรณ์ควบคุมและแสดงผลที่ใช้ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับเครื่องจักร, โปรแกรมมิ่ง, การบริการ, การบำรุงรักษา และ การควบคุมแบบเรียลไทม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นหลายปีผ่านมา เทคโนโลยี IEEE 802.15.4 (ZigBee, Wireless Hart etc.) และ Bluetooth low energy technology ได้เข้ามาเพื่อเพิ่มการใช้งานสำหรับอุปกรณ์เซนเซอร์ (อุปกรณ์ตรวจจับ) และอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ต้องการติดต่อสื่อสาร

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีไวร์เลส (Wireless Technologies) [2]

	Bluetooth technology	Wireless LAN / WLAN	ZigBee / IEEE 802.15.4	Bluetooth low energy technology
การรับส่งข้อมูล	+/-	++	-	-
ความแข็งแรง	++	+/-	+/-	++
ระยะ	10-1000m	50-300m	10-200m + mesh	10-250m
ความหนาแน่นของอุปกณ์ในระบบ	++	-	+	++
การสัญจรข้อมูล	+	++	N/A	N/A
ใช้กับระบบขนาดใหญ่	-	+/-	++	+
เวลาหน่วงต่ำ	+	+/-	+	++
การตอบสนอง	-	+/-	++	++
การประหยัดพลังงาน	+	-	++	+++
ราคา	+	-	+	++

+ = ปานกลาง
++ = ดี
+++ = ดีมาก
+/- = พอใช้
- = แย่
N/A = ไม่สามารถบอกได้ (No Answer)

2.2 ทฤษฎีเทคโนโลยีบลูทูธ [2]

2.2.1 เทคโนโลยีบลูทูธดั้งเดิม (Classic Bluetooth Technology)

เทคโนโลยีบลูทูธ (Bluetooth technology ; IEEE 802.15.1) เหมาะสมกับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไร้สายอัตโนมัติ ในเครือข่าย อนุกรม ฟิวบัส (fieldbus) และอีเธอเนต (Ethernet) ความเป็นจริงของ Bluetooth Technology

- ระยะ 10 เมตร ถึง มากกว่า 1 กิโลเมตร ตามชนิดอุปกรณ์
- มีการทำงานได้ดีที่การส่งข้อมูลขนาดเล็ก
- รับส่งข้อมูลสูงสุดที่ 780 kbit/s และ Bluetooth v2.1+EDR ที่ความไวสูงสุด 2.1 Mbit/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เวลาหน่วง 5-10 ms
- คุณลักษณะด้านความปลอดภัย ด้วยการเข้ารหัส 128 bit เพื่อป้องกันการเข้าถึงข้อมูลหรือการดักจับข้อมูล
- มีความหนาแน่นในระบบมากในบริเวณที่มีอุปกรณ์มากๆ สามารถเชื่อมต่อเข้าไปในความถี่หนึ่งๆ และจัดการได้ง่าย
- คุณสมบัติที่เด่นคือ Adaptive Frequency Hopping (AFH), Forward Error Correction (FEC), ช่องสัญญาณความถี่แคบ และผลของสัญญาณรบกวนต่ำ
- หาซื้อได้ง่าย สะดวกต่อผู้ใช้งาน

2.2.2 เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy Technology)

จากปี 2011 บลูทูธเวอร์ชัน 4.0 ที่มีคุณสมบัติเป็นเทคโนโลยีพลังงานต่ำ ได้เข้ามาในตลาดเทคโนโลยี โดยถูกเรียกว่า บลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy Technology) ซึ่งถูกประกอบใช้เป็นพิเศษให้กับเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ต้องการใช้พลังงานต่ำ
ความเป็นจริงของเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology)

คุณลักษณะของเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology) ที่ต้องการในการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมและการแพทย์ :

- จำนวนการเชื่อมต่อแต่ละโหนดมากขึ้นจากการจัดการกับความหน่วง
- การจัดการพลังงาน
- ความทนทานพอๆกับเทคโนโลยีบลูทูธ (Bluetooth Technology)
- ใช้ในกับระบบเรียลไทม์ได้ (ถ้ามีจำนวนโหนดที่เชื่อมต่ออยู่ไม่มาก)
- เวลาในการตื่นของอุปกรณ์และเวลาในการเชื่อมต่อสั้นมากๆ

2.2.3 ความแตกต่างระหว่างเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy Technology) กับบลูทูธดั้งเดิม (Classic Bluetooth Technology)

เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology) มีส่วนที่น่าสนใจที่มีความเป็นไปได้ในบางเรื่อง และมีข้อจำกัดสำคัญบางอย่าง รวมไปถึงผลดีมากมายที่ต่างจากเทคโนโลยีบลูทูธ (Classic Bluetooth technology)

- เทคโนโลยี บลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology) ใช้ในการประยุกต์ใหม่ๆ และ เป็นอุดมคติ สำหรับ อุปกรณ์ที่ต้องการ การส่งข้อมูลขนาดเล็กๆ
- ในการประยุกต์ใช้งานบลูทูธในที่ที่มีการไหลเวียนของข้อมูล เทคโนโลยีบลูทูธ (Classic Bluetooth technology) จะดีกว่าเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology) ในเรื่องของการส่งผ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบความแตกต่างในด้านต่างๆ ระหว่าง 2 เทคโนโลยี

2.2.3.1 การใช้พลังงาน : อุปกรณ์บลูทูธพลังงานต่ำจะใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในโหมดหลับ โดยพลังงานสูงสุดที่ใช้มีค่า 15mA และพลังงานเฉลี่ยของพลังงานที่ใช้จะมีค่า 1 uA

2.2.3.2 เวลาในการเตรียมตัวเชื่อมต่อ : ในเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำจะใช้เวลาเพียงเล็กน้อยในหน่วยของ ms และใช้เวลาที่รวดเร็วในการเชื่อมต่อเพื่อตั้งค่าปลุกอุปกรณ์

2.2.3.3 ความทนทาน : หลายคุณสมบัติของเทคโนโลยีบลูทูธ (Classic Bluetooth technology) ได้สืบทอดต่อไปใช้ในเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology) รวมไปถึง Adaptive Frequency Hopping (AFH) และลักษณะบางส่วนของการแสดงผล The Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP)

2.2.3.4 การรับส่งข้อมูล : อัตราการส่งข้อมูลด้วยเทคโนโลยีบลูทูธ (Classic Bluetooth technology) ที่ใช้ Enhanced Data Rate (Bluetooth v2.1 + EDR) สามารถรับส่งข้อมูลได้ประมาณ 2Mbps แต่ในการทดลองส่งข้อมูลของเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology) จะมีอัตราต่ำกว่า 100kbps (อัตราที่แท้จริง 1/20)

2.2.3.5 จำนวนโหนด : ทั้งเทคโนโลยีบลูทูธ (Classic Bluetooth technology) และเทคโนโลยีบลูทูธ พลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology) ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์เชื่อมต่อหลักกับลูกข่าย อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology) จำนวนลูกข่ายสามารถมีมากขึ้นได้ ขึ้นอยู่กับการจัดการและหน่วยความจำที่มี

2.2.3.6 โครงสร้างของซอฟแวร์ (Software Structure) : เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology) ค่าตัวแปรทั้งหมดจะมีสถานะในฐานข้อมูลที่ใช้คุณลักษณะโปรโตคอล (Protocol) โดยคุณลักษณะต่างๆ เป็นการแสดงถึงการอธิบายค่าสัญญาณ , รูปแบบ , การตั้งค่าลูกข่าย และอื่นๆ

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบ Bluetooth Technologies [2]

	บลูทูธ (Classic Bluetooth technology)	บลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth low energy technology)
อัตราการรับส่งข้อมูล	2 Mbps	~100 kbps
จุดแข็ง	ดี	ดี
ระยะทาง	ได้ถึง 1000m	ได้ถึง 250m
ความหนาแน่นอุปกรณ์ในระบบ	ดี	ดี
การใช้งานในระบบขนาดใหญ่	พอใช้	ปานกลาง
ความหน่วงต่ำ	ดี	ดี
ความเร็วในการปลุก	พอใช้	ดี
การประหยัดพลังงาน	ปานกลาง	ดีมาก
ราคา	ปานกลาง	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีเทคโนโลยีไวเลสแลน [2]

Wireless LAN (IEEE 802.11) เหมาะสำหรับใช้ในการรับหรือกำหนดค่าข้อมูลที่ได้มา และยังสามารถใช้ควบคุมค่าเวลาวิกฤตได้อีก นอกจากนั้นฟังก์ชันในตัวโรมมิ่งจะเป็นประโยชน์ในการใช้งานในโรงงานอัตโนมัติหรือใช้กับอุปกรณ์เคลื่อนที่ การใช้ระบบ LAN ไร้สายในการประยุกต์ใช้งานเช่นนี้มักจะต้องใช้แนวทางการแก้ปัญหาที่กำหนดเอง เช่น ซอฟต์แวร์การใช้งานข้ามเขต รวมถึงการวางแผนความถี่และวิธีการติดตั้งเฉพาะ ด้วยการแก้ปัญหาไร้สายเหล่านี้ ทำให้เวลาแฝงคงที่และความล่าช้าในการใช้งานข้ามเขตมีอัตราที่ต่ำ

คุณสมบัติ Wireless LAN

- ในย่านความถี่ 2.4GHz ระยะใช้งาน 200m สามารถเพิ่มได้ 400-500m หากไม่มีสิ่งกีดขวาง , ในย่านความถี่ 5GHz ระยะใช้งาน 50m สามารถเพิ่มได้ถึง 150m หากไม่มีสิ่งกีดขวาง อย่างไรก็ตามหากมีสิ่งกีดขวางสัญญาณจะทำให้ระยะการใช้งานจะลดลงเสมอ
- การรับส่งข้อมูล 11-54 Mbit/s สำหรับ IEEE 802.11b/g และ 300 Mbit/s สำหรับ IEEE 802.11n
- รูปแบบการรักษาความปลอดภัย เช่น WEP, WPA , WPA2 , TPIK และ PSK EAP
- IEEE 802.11a ทำงานในย่านความถี่ 5GHz รับได้ 19 ช่องโดยสัญญาณไม่ทับซ้อนกัน นอกจากนี้ในย่านความถี่ 2.4GHz รับได้ 3 ช่องสัญญาณไม่ทับซ้อนกัน
- พร้อมใช้งาน

ความแตกต่างของ Wireless LAN ระหว่างย่านความถี่ 2.4GHz กับ 5GHz

ในขณะที่การใช้เทคโนโลยีไร้สายเพิ่มขึ้นในย่านความถี่ 2.4GHz จึงทำให้เกิดปัญหาสัญญาณรบกวน ดังนั้นเพื่อความแข็งแรงของระบบ บริษัทจึงใช้ย่านความถี่ 2.4GHz สำหรับสำนักงานกับระบบสื่อสาร และใช้ย่านความถี่ 5 GHz สำหรับการผลิตและ M2M

Wireless LAN สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11b/g จะใช้ในย่านคลื่นความถี่ 2.4GHz (2.412 - 2.472GHz) สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11a ใช้ในย่านความถี่ 5GHz (5.180 - 5.825GHz) และสำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11n สามารถทำงานได้ในย่านความถี่อย่างใดอย่างหนึ่งในย่านความถี่ 5 GHz

2.4 ทฤษฎีเทคโนโลยี IEEE 802.15.4 / ZigBee [2]

IEEE 802.15.4 คือมาตรฐานของอุปกรณ์ไร้สายเช่น ZigBee , WirelessHART และ ISA SP-100 ซึ่งทั้งหมดใช้ในงานอุตสาหกรรมประกอบกับการใช้พลังงานต่ำ ทำให้เหมาะสำหรับติดตั้งแบตเตอรี่ที่ตัวอุปกรณ์ เทคโนโลยีดังกล่าวจะนิยมใช้ในการตรวจสอบการใช้พลังงานหรือระบบอัตโนมัติ โดยตัวอุปกรณ์มีระยะการทำงานที่ครอบคลุม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IEEE 802.15.4 Facts

- ประหยัดพลังงาน
- รับส่งข้อมูลได้รวดเร็ว
- รองรับอุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อด้วยได้หลายตัว
- สามารถสร้างเครือข่ายอัตโนมัติได้
- ส่งข้อมูลในอัตรา 20-250 kBit/s.
- ระยะทางสูงสุด 75m
- รักษาความปลอดภัยด้วยการเข้ารหัส 128 บิต
- สามารถใช้งานในย่านความถี่ 868 MHz และ 915 MHz

ซิกบี (ZigBee) เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่ร่วมกันสื่อสารข้อมูลผ่านเซ็นเซอร์ขนาดเล็กมาก จำนวนเป็นพันๆ หมื่นๆ ชิ้นที่ฝังอยู่ตามส่วนต่างๆ ในอาคาร สำนักงาน โรงงาน หรือแม้แต่ในบ้าน การทำงานของซิกบีจะเป็นการรับ-ส่งคลื่นสัญญาณข้อมูลผ่านชิพเล็กๆนี้จุดต่อจุดไปเรื่อยๆ จนถึงปลายทางที่ต้องการดาวน์โหลดข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้อาจจะเป็นการวัดอุณหภูมิ การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต จับปริมาณมลพิษในอากาศ ปริมาณน้ำ หรืออื่นๆ โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์หรือแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่กินไฟน้อยมาก จึงสามารถฝังทิ้งไว้ในที่ห่างไกลได้เป็นเวลานานถึง 10 ปี เทคโนโลยีซิกบีจะช่วยทำให้บริษัทที่เกี่ยวข้องกับการส่งพลังงาน เช่น น้ำมัน ประปา น้ำในเขื่อน ท่อแก๊ส สามารถประหยัดการสูญเสียได้อย่างน้อย 10-15 เปอร์เซนต์ และในอนาคตอันใกล้นี้ เมื่อเทคโนโลยีนาโนก้าวหน้ามากขึ้น เซ็นเซอร์ซิกบีจะมีขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุด สามารถฝังได้แม้กับในร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้

ซิกบี ได้รับการจัดการโดยองค์กรพันธมิตรที่มีชื่อว่า “ZigBee Alliance” ซึ่งมีบริษัทที่เข้าร่วมพัฒนาเทคโนโลยีนี้มากกว่า 150 บริษัท ในจำนวนนี้มี 9 บริษัทที่เป็นผู้ร่วมก่อตั้งองค์กรนี้ขึ้นมา และปัจจุบันบริษัททั้ง 9 นี้ ได้เป็นบริษัทที่มีมาตรฐานของซิกบีแล้ว บริษัท 9 บริษัทนี้ ได้แก่ บีเอ็ม กรุ๊ป (BM Group) , ชิพคอน (Chipcon) , ฟรีสเกล (Freescale) , ฮันนี่เวลล์ (Honeywell) , มิตซูบิชิ (Mitsubishi) , โมโตโรลา (Motorola) , ฟิลลิปส์ (Philips) และซัมซุง (Sumsung)

2.4.1 จุดเริ่มต้นของซิกบี

มีมาตรฐานต่างๆที่มีลักษณะคล้ายกับบลูทูธและไวไฟเกิดขึ้นมากมาย ซึ่งมีอัตราการส่งข้อมูลเสียง วิดีโอ และอื่นๆอีกหลายอย่างอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง แต่จนถึงทุกวันนี้ก็ยังไม่พบว่าจะมีมาตรฐานไวร์เลสใดๆที่สามารถควบคุมสัญญาณและควบคุมอุปกรณ์ได้ด้วยตัวมันเอง ตัวควบคุมสัญญาณไม่จำเป็นต้องมีแบนด์วิธสูง แต่จำเป็นต้องมีเวลาแฝงต่ำและประหยัดพลังงาน จึงได้มีผู้ประกอบการด้านไวร์เลสหลายรายคิดแก้ปัญหาด้วยด้านต่างๆ เช่น ให้มีอัตราการรับส่งข้อมูลสูง แต่ต้องราคาถูกและสิ้นเปลืองน้อยที่สุด ซึ่งบางระบบได้ถูกออกแบบขึ้น โดยที่ยังไม่มีมาตรฐานใดๆ รองรับความต้องการของแอพพลิเคชั่นเหล่านั้น จึงมีมาตรฐานซิกบีกำเนิดขึ้นเพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ZigBee Alliance ได้คิดหาวิธีแก้ปัญหาที่จะสามารถควบคุมสัญญาณให้ได้ โดย

2.4.1.1 Physical Layer ถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับความราคาที่ประหยัด การเข้าถึงโดยตรงตามลำดับอนุญาตให้ใช้วงจรอนาลอกที่ไม่ซับซ้อนและมีความคงทนมากในการปรับปรุง

2.4.1.2 Media Access Control (MAC) layer ถูกออกแบบมาโดยยอมให้สามารถใช้งานได้กับโทโปโลยีหลายๆแบบแต่ต้องไม่ซับซ้อน การจัดการพลังงานต้องไม่ใช้ขั้นตอนมาก MAC ต้องยอมให้ลดหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ (Reduced Functionality Device : RFD) บางตัวที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสง (flash) หรือต้องใช้ RAM หรือ ROM ทำงานมากลง MAC ถูกออกแบบมาเพื่อให้รองรับได้กับจำนวนอุปกรณ์มากๆ โดยที่ต้องไม่เกิดการหลุดชะงักด้วย (parked)

2.4.1.3 Network Layer ถูกการออกแบบเพื่อยอมให้ช่วงของเครือข่ายแผ่วงกว้างโดยที่ต้องไม่ใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณที่ใช้พลังงานสูง ชั้น Network Layer ต้องสามารถรองรับโหนดจำนวนมากได้โดยใช้เวลาแฝงต่ำด้วย

2.4.2 คุณสมบัติของซิกบี

ซิกบีได้กลายเป็นมาตรฐานการควบคุมสัญญาณเครือข่ายระดับโลก ซึ่งได้รับการออกแบบ โดยมีคุณสมบัติ ดังนี้

2.4.2.1 ประหยัดพลังงาน และง่ายต่อการพัฒนาปรับปรุง

2.4.2.2 มาตรฐานซิกบีตาม IEEE 802.15.4 กำหนดให้มีโหมดของการใช้พลังงาน 2 สถานะ คือ สถานะที่มีการรับและส่งของข้อมูล ซึ่งเรียกว่า Active และอีกสถานะ คือ สถานะที่ไม่มีการทำงานชั่วขณะหนึ่ง หรือเรียกว่า Sleep

2.4.2.3 อุปกรณ์หลักต้องใช้พลังงานตลอดเวลา อุปกรณ์ที่ใช้งานกับซิกบีจะมีลักษณะเป็นนิเวศวิทยามากกว่าอุปกรณ์แบบเดิมๆที่ต้องใช้กำลังส่งถึงเมกะวัตต์ พิจารณาการใช้งานภายในบ้านในอนาคตโดยมีอุปกรณ์ที่ต้องการใช้งานไวร์เลส 100 ตัว

กรณีที่ 1 : 802.11 ใช้กำลังส่งไฟฟ้า 667 มิลลิวัตต์ (เปิดใช้งานตลอดเวลา) ใช้งานอุปกรณ์ 100 ตัวในแต่ละบ้าน ถ้ามีการใช้งาน 50,000 บ้าน จะต้องใช้กำลังส่งทั้งสิ้น 3.33 เมกะวัตต์

กรณีที่ 2 : 802.15.4 ใช้กำลังส่งไฟฟ้า 30 มิลลิวัตต์ (เปิดใช้งานตลอดเวลา) ใช้งานอุปกรณ์ 100 ตัวในแต่ละบ้าน ถ้ามีการใช้งาน 50,000 บ้าน จะต้องใช้กำลังส่งทั้งสิ้น 150 กิโลวัตต์

กรณีที่ 3 : 802.15.4 ใช้วงจรพลังงาน 0.1% (วงรอบพื้นฐาน) ใช้กำลังส่งทั้งสิ้น 150 วัตต์

2.4.2.4 ราคาประหยัด อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูก เสียค่าติดตั้งและดูแลน้อย เนื่องจากแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแบบ primary cell ซึ่งมีราคาถูกและอายุการใช้งานนาน ไม่สามารถนำมาชาร์ตเพื่อใช้งานใหม่ได้

2.4.2.5 ในแต่ละเครือข่ายสามารถมีจำนวนโหนดได้มาก

2.4.2.6 Simple protocol , Global implementation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 คุณลักษณะทั่วไปของซิกบี

อัตราการส่งข้อมูลมี 3 ระดับ คือ 250 kbps (ที่ความถี่ 2.4 GHz) 40 kbps (ที่ความถี่ 915 MHz) และ 20 kbps (ที่ความถี่ 868 MHz)

2.4.3.1 มีประสิทธิภาพในเรื่องของวงรอบของการใช้งานของแต่ละแอพพลิเคชั่นต่ำ (< 0.1%)

2.4.3.2 ใช้งานเข้าถึงช่องสัญญาณด้วยวิธี CSMA-CA

2.4.3.3 ประหยัดพลังงาน

2.4.3.4 ใช้ Multiple Topology คือ สตาร์ (star) , เพียร์ทูเพียร์ (peer-to-peer) และ เมช (mesh)

2.4.3.5 รองรับอุปกรณ์ได้มากถึง 18,450 x 1015 ตัว (address ขนาด 64 บิต) 65,535 networks

2.4.3.6 การทำงานของแอพพลิเคชั่นใช้หลักการแบบแบ่งเวลา โดยใช้เวลาแฝงน้อย

2.4.3.7 โปรโตคอลมีการทำ Fully hand-shaked เพื่อความน่าเชื่อถือในการส่งข้อมูล

2.4.3.8 ตามปกติใช้งานได้ในช่วง 50 เมตร (ระยะทางในการใช้งานอยู่ในช่วง 5-500 เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม)

2.4.4 ประเภทของการใช้งานช่องสัญญาณตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ของซิกบี

2.4.4.1 Periodic data

- ข้อมูลเป็นระยะ แอพพลิเคชั่นเป็นตัวกำหนดอัตราส่ง เช่น เซ็นเซอร์
- ถูกควบคุมโดย beaconing system โดยเซ็นเซอร์จะ wake up ขึ้นมา ตรวจสอบว่ามีข้อมูลใดๆ หรือไม่ จากนั้น ก็กลับเข้าสู่โหมด Sleep เหมือนเดิม

2.4.4.2 Intermittent data

- ข้อมูลส่งบ้างหยุดบ้าง แอพพลิเคชั่นหรือสิ่งเร้าภายนอกเป็นตัวกำหนดอัตราการส่ง เช่น สวิตช์ไฟ เป็นต้น
- ถูกควบคุมโดย beconless system หรือยกเลิกการเชื่อมต่อไปเลย การยกเลิกการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับเครือข่ายเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน

2.4.4.3 Repetitive low latency data

- กำหนดแบ่งช่วงเวลาในการใช้งาน เช่น เมาส์
- เลือกใช้วิธี Guaranteed Time Slot (GTS) ในการควบคุม GTS เป็นวิธีการหนึ่งในการให้บริการคุณภาพ (QoS) ที่กำหนดให้แต่ละอุปกรณ์กำหนดช่วงเวลาเพื่อป้องกันการแย่งกันใช้ช่องสัญญาณในการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน IEEE 802.15.4 ชั้น PHY และ MAC ตลอดจนชั้นซิกบีเนตเวิร์คและชั้นแอพพลิเคชั่น ต้องจัดเตรียมความสามารถดังต่อไปนี้ให้ได้

1. ราคาถูกที่สุด
2. การพัฒนาปรับปรุงง่าย
3. มีความน่าเชื่อถือในการรับส่งข้อมูล
4. ทำงานในระยะทางใกล้ๆ ได้
5. ประหยัดพลังงาน
6. มีความปลอดภัยในระดับที่เหมาะสม

2.4.5 ประเภทของอุปกรณ์เชิงกายภาพที่มีราคาต่ำ

มาตรฐาน IEEE ได้กำหนดไว้ 2 ประเภท คือ

2.4.5.1 Full Function Device (FFD)

- สามารถกำหนดฟังก์ชันการทำงานในแต่ละโทโปโลยีได้
- สามารถทำงานร่วมกับเครือข่ายอื่นๆ ได้
- สามารถทำงานร่วมกันได้ดี
- สามารถติดต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้

2.4.5.2 Reduced Function Device (RFD)

- จำกัดเฉพาะโทโปโลยีแบบสตาร์เท่านั้น
- ไม่สามารถทำงานร่วมกับเครือข่ายอื่นๆ ได้
- ติดต่อได้กับอุปกรณ์เฉพาะในเครือข่ายเดียวกันเท่านั้น
- พัฒนาปรับปรุงได้ง่าย

ใน IEEE 802.15.4 เครือข่ายของซิกบีจำเป็นต้องมี Full Functional Device อย่างน้อย 1 ตัว เพื่อใช้งานร่วมกับเครือข่ายอื่นๆ ได้ แต่อุปกรณ์ปลายทางที่ใช้งานอาจจะเป็น Reduced Functional Device ก็ได้ เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่าย

อุปกรณ์แต่ละตัว ต้องมีเงื่อนไข ดังนี้

1. อุปกรณ์ทุกตัวต้องใช้แอดเดรสขนาด 64 บิต ตามมาตรฐานของ IEEE
2. แอดเดรสแบบสั้น (16 บิต) สามารถจัดสรรให้ได้กับการลดขนาดของแพ็กเกจ
3. Address Mode

- Network + device identifier (star)
- Source/ Destination identifier (peer-to-peer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 โปรโตคอลซิกบี (ZigBee Protocol)

มาตรฐาน 802.15.4 มีจุดมุ่งหมายเบื้องต้นเพื่อตรวจจับและควบคุมแอพพลิเคชั่น ความสามารถในด้านการประหยัดพลังงานถือเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการที่จะทำให้อุปกรณ์ที่ใช้งานแบตเตอรี่สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น จำนวนปริมาณข้อมูลเอาท์พุธ (แบนด์วิธ) ที่ได้ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับไวร์เลส แลน ซึ่งต้องใช้ถึง 250 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) กับแอพพลิเคชั่นหลายตัวจึงจะมากเพียงพอ ระยะห่างระหว่างโหนด 2 โหนด อยู่ที่ 50 เมตรขึ้นไป และแต่ละโหนดที่แลกเปลี่ยนข้อมูลกันจะทำการสร้างเครือข่ายขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้ครอบคลุมเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด

2.4.6.1 Hardware (Physical and MAC layers)

ในชั่วเวลาขณะหนึ่ง ทุกโซลูชั่นทำงานที่ความถี่ 2.4 GHz แต่เฉพาะที่อเมริกาเหนือทำงานที่ย่านความถี่ 915 MHz และที่ยุโรปทำงานที่ย่านความถี่ 868 MHz ที่ย่านความถี่ 2.4 GHz เป็นย่านความถี่ที่อนุญาตให้ใช้ได้ฟรี ดังนั้นผลิตภัณฑ์จากซิกบีจึงอาจจะสามารถใช้ได้ทั่วโลก ผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันทั้งหมดจะใช้ได้ที่ย่านความถี่ 2.4 GHz

ในทุกย่านความถี่ใช้ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) ที่ย่านความถี่ 868 MHz และ 915 MHz ใช้วิธี Binary Phase Shift Keying และที่ย่านความถี่ 2.4 GHz ใช้วิธี O-QPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying)

ที่ย่านความถี่ที่อนุญาตให้ใช้ได้ฟรีเริ่มมีการใช้กันมากและมีสัญญาณรบกวนมากขึ้น มาตรฐาน 802.15.4 มีคุณสมบัติมากมายที่จะทำให้แน่ใจว่ามีขั้นตอนการทำงานที่เชื่อถือได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เลวร้ายที่สุด โดยมีคีย์เวิร์ด 3 ตัว คือ ทำให้ช่องสัญญาณว่าง (Clear Channel Assesment) ประเมินคุณภาพ (Quality Assesment) และการตรวจจับตัวรับพลังงาน (Receiver Energy Detection) เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นจากตัวมันเอง เทคนิคที่เรียกว่า Carrier Sense Multiple Access (CSMA) เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลซึ่งแน่ใจว่าไม่ก่อให้เกิดปัญหาการชนกัน ข้อมูลที่ถูกส่งอยู่ในรูปแพคเกจ แพคเกจของซิกบีมีขนาดสูงสุด 128 ไบต์ ซึ่งรวมโอเวอร์เฮดของโปรโตคอลด้วย มีที่ว่างได้สูงสุด 104 ไบต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอีเทอร์เนตแล้วค่อนข้างเล็กกว่าแต่แอพพลิเคชั่นมากมายซิกบีสามารถใช้เนื้อที่เท่านี้ได้อย่างเพียงพอ

คุณสมบัติที่เป็นลักษณะเรียลไทม์ ซิกบีสามารถกำหนดให้ข้อความมีลำดับความสำคัญสูงสุดได้ โดยใช้กลไกการแบ่งช่วงเวลา ดังนั้นข้อความที่มีลำดับความสำคัญสูงจะสามารถถูกส่งไปได้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ซิกบีใช้แอดเดรส 2 ประเภท มี IEEE address ขนาด 64 บิต ซึ่งเปรียบเทียบกับไอพีแอดเดรสบนอินเตอร์เนต และมีอีก 16 บิตเป็น short address ซึ่งใช้เนตเวิร์คละครั้ง ดังนั้นจะสามารถสร้างโหนดได้ทั้งหมด 2^16 = ~64000 โหนด ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน แต่ถ้าต้องการใช้จำนวนโหนดมากกว่านี้ต้องออกแบบเพื่อสร้างโหนดเกตเวย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6.2 The ZigBee upper layers

เป็นเลเยอร์ที่อยู่ถัดขึ้นไปจากชั้น 802.15.4 ซึ่งเรียกว่ามาตรฐานซิกบี ซึ่งเลเยอร์นี้ประกอบไปด้วย แอพลิเคชั่น โพรไฟล์ (Application Profile) ซีเคียวริตี้ เซตติ้ง (Security Setting) และ แมสเสจ (messaging)

ถึงแม้ว่าซิกบีมีสถาปัตยกรรมเป็นแบบตาข่าย (mesh) แต่ก็ไม่สนับสนุนการทำงานกับ สถาปัตยกรรมที่เป็นโทโปโลยีแบบสตาร์ ทรี หรือไฮบริดจ์เลย ขึ้นอยู่กับว่าแอพพลิเคชั่นในแต่ละโทโปโลยีจะมีข้อดีหรือข้อเสียอย่างไร โทโปโลยีแบบสตาร์เป็นโทโปโลยีที่ง่ายที่สุด ทุกๆ โหนดจะเชื่อมต่อสื่อสารกับโหนดที่อยู่ตรงกลาง คล้ายดาว โทโปโลยีแบบตาข่ายมีความซับซ้อนมาก แต่ละโหนดอาจมีการเชื่อมต่อกับโหนดอื่นๆ ที่อยู่ภายในช่วงได้ แต่เป็นการง่ายที่จะทราบว่ารูปแบบนี้ทำให้เกิดเส้นทางระหว่างเนตเวิร์คที่เป็นไปได้มากมาย ทำให้โทโปโลยีมีความแข็งแรง ทนทานเนื่องจากเส้นทางที่ใช้งานไม่ได้จะถูกละเว้นไป โทโปโลยีแบบคลัสเตอร์ทรี เป็นโทโปโลยีแบบง่ายที่สุด ที่เกิดจากการนำโทโปโลยีแบบสตาร์และตาข่ายมารวมกัน

2.4.7 กลไกการรักษาความปลอดภัยของซิกบี

ซิกบีควบคุมความปลอดภัยในการส่งข้อมูลผ่าน hop โดยใช้ความปลอดภัยของ MAC data frame แต่ถ้าเป็นการส่งแบบ multi-hop ซิกบีจะใช้ความปลอดภัยจากเลเยอร์ชั้นบนๆ (เช่น ชั้น NWK) ชั้น MAC ใช้มาตรฐานการเข้ารหัสขั้นสูง (AES) โดยใช้อัลกอริทึม Cryptographic และจัดทำเป็น security suite โดยใช้อัลกอริทึม AES ใน suite นี้จะป้องกันความลับ มีความถูกต้องและตรวจสอบความเป็นเจ้าของ ไว้กับ MAC frame ชั้น MAC ไม่มีกระบวนการทำ Security โปรโตคอลชั้นบนจะมีหน้าที่ตั้งค่าคีย์และกำหนดระดับความปลอดภัยที่จะใช้เพื่อควบคุม

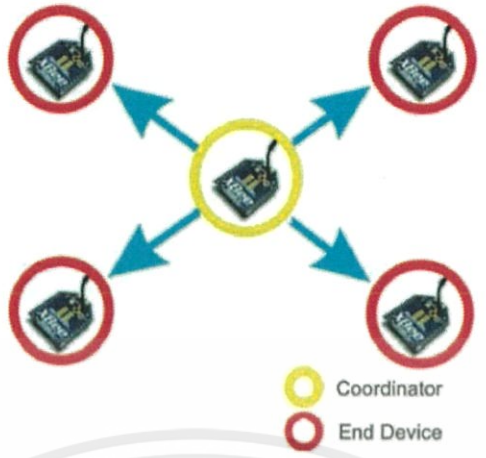
2.5 ทฤษฎีโครงข่ายซิกบี [3]

ในการสร้างโครงข่ายไร้สายของ ZigBee นั้น จะต้องประกอบด้วย โหนด จำนวนอย่างน้อยที่สุด 2 ชนิด คือ Coordinator node และ node ลูกข่าย ชนิดใดชนิดหนึ่ง (Router/End device) จึงจะสามารถสื่อสารและทำงานในรูปแบบของ PAN (Personal area network) ได้ โดย ZigBee สามารถแบ่งรูปแบบเครือข่ายได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

2.5.1 Star (Broadcast)

การเชื่อมต่อแบบ Star หรือแบบ Broadcast เป็นการรับส่งข้อมูลแบบไม่เฉพาะเจาะจง จุดหมายปลายทาง หรือ XBee ทุกตัวที่อยู่ในระบบเครือข่ายเดียวกันสามารถรับข้อมูลทุกข้อมูลได้ทุกตัว

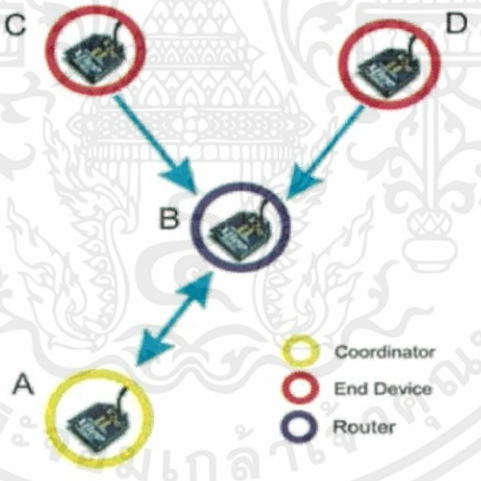
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 Star (Broadcast) Network

2.5.2 Cluster Tree (Tree)

เป็นการรับส่งข้อมูลแบบส่งผ่าน เช่น A ต้องการติดต่อกับ C แต่ C อยู่ไกลจาก A จน A ไม่สามารถติดต่อกับ C ได้ แต่พอดีมี B ที่อยู่ระหว่าง A กับ C ดังนั้น Cluster Tree จะใช้ B เป็นเหมือนตัวกลางเชื่อมการติดต่อ (Repeater) ระหว่าง A กับ C

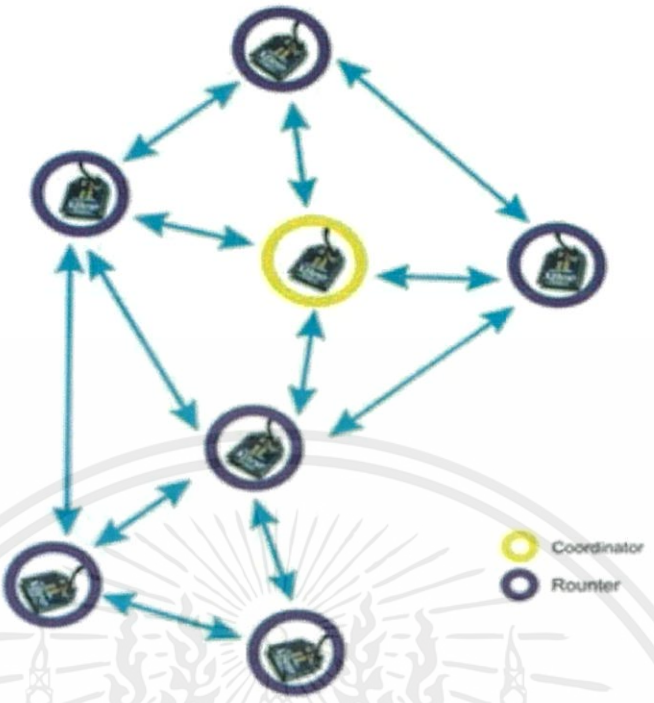


รูปที่ 2.2 Cluster Tree (Tree) Network

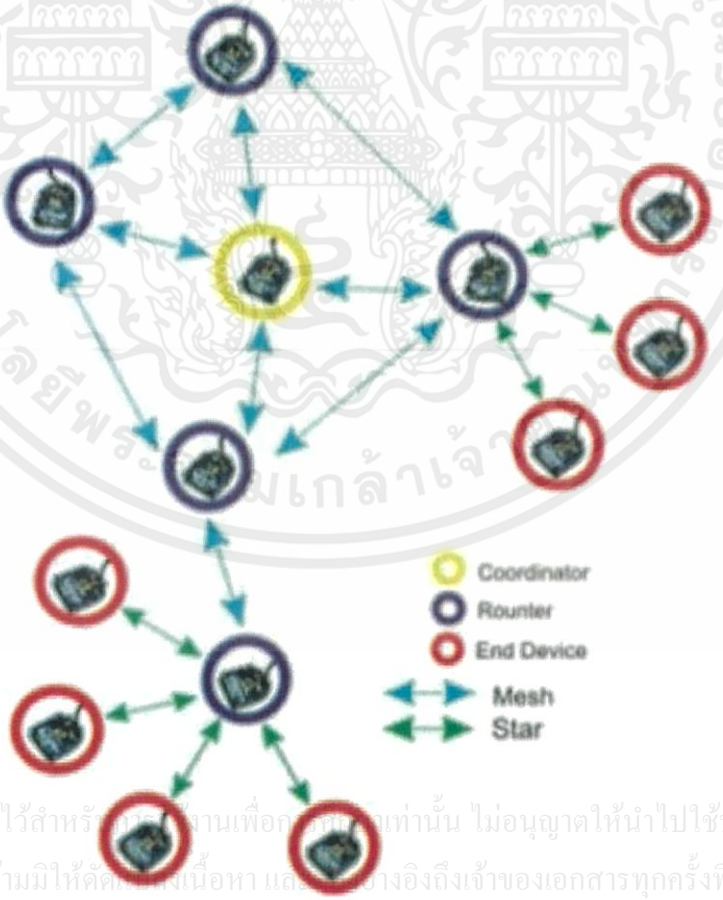
2.5.3 Mesh

การเชื่อต่อเครือข่ายแบบ Mesh เป็นโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจาก ข้อมูลสามารถส่งไปถึงเป้าหมายได้หลายทาง ทำให้ระบบนี้สามารถรับส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางได้แม้จะเกิดความเสียหายของระบบในบางส่วนก็ตาม (ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบของผู้ใช้ด้วย) ระบบนี้จึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของ ไม่ว่ากรณีใดๆ จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 Mesh Network



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 โครงข่ายผสม

2.6 ทฤษฎีรีเลย์ [4]

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทกให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่างๆในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

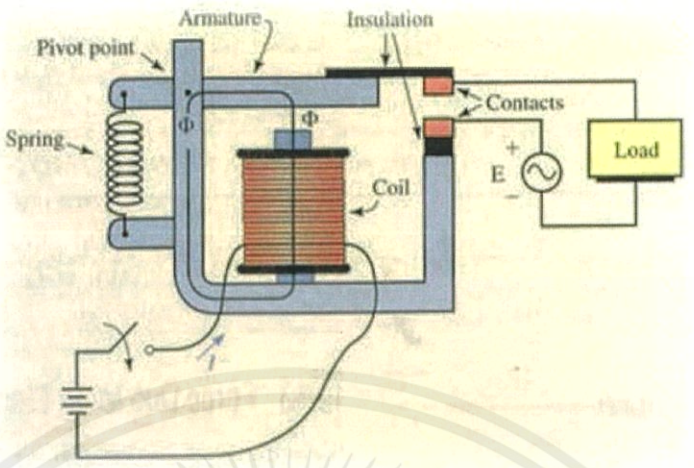
2.6.1 หลักการเบื้องต้น

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำมาทำเป็นสวิตช์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดจำนวนหนึ่ง เพื่อนำไปควบคุมวงจรกำลังงานสูง ๆ ที่ต่ออยู่กับหน้าสัมผัสหรือคอนแทกของรีเลย์ รีเลย์และสัญลักษณ์ของรีเลย์เป็นไปตามรูปที่ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ

รูปที่ 2.5 รูปและสัญลักษณ์ของรีเลย์

หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 2.6 การทำงานเริ่มจากปิดสวิตช์ เพื่อป้อนกระแสให้กับขดลวด (Coil) โดยทั่วไปจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดูดเหล็กอ่อนที่เรียกว่าอาร์เมเจอร์ (Armature) ให้ต่ำลงมา ที่ปลายของอาร์เมเจอร์ด้านหนึ่งมักยึดติดกับสปริง (Spring) และปลายอีกด้านหนึ่งยึดติดกับหน้าสัมผัส (Contacts) การเคลื่อนที่อาร์เมเจอร์จึงเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส ให้แยกจากหรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งซึ่งยึดติดอยู่กับที่ เมื่อเปิดสวิตช์อาร์เมเจอร์ ก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิม เราสามารถนำหลักการนี้ไปควบคุมโหลด (Load) หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ได้ตามต้องการ

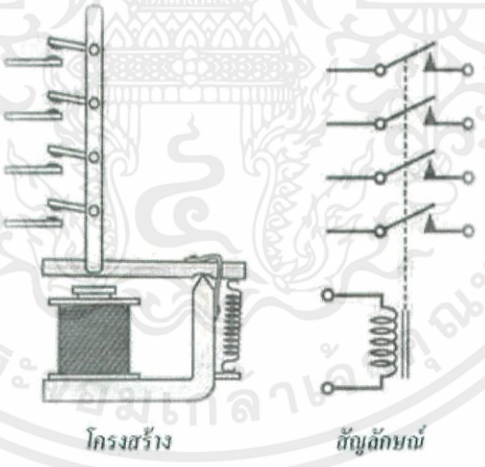
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์

2.6.2 หน้าสัมผัสของรีเลย์

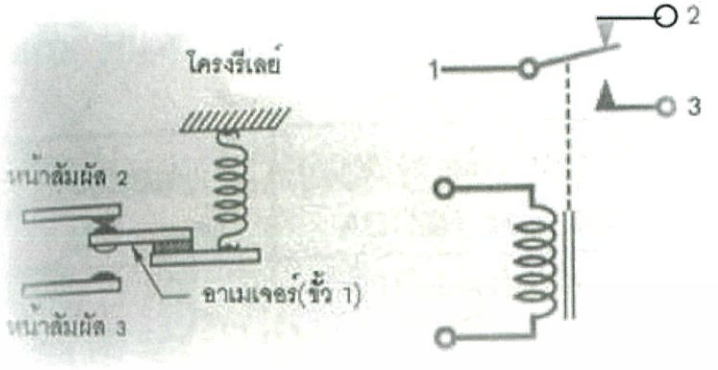
ปัจจุบันรีเลย์ที่มีขดลวดชุดเดียวสามารถควบคุมหน้าสัมผัสได้หลายชุดดังรูปที่ 2.7 อาร์เมเจอร์อันเดียวถูกยึดอยู่กับหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้ 4 ชุด ดังนั้นรีเลย์ตัวนี้จึงสามารถควบคุมการแตะหรือจากกันของหน้าสัมผัสได้ถึง 4 ชุด



รูปที่ 2.7 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของชุดหน้าสัมผัสแบบ 4PST

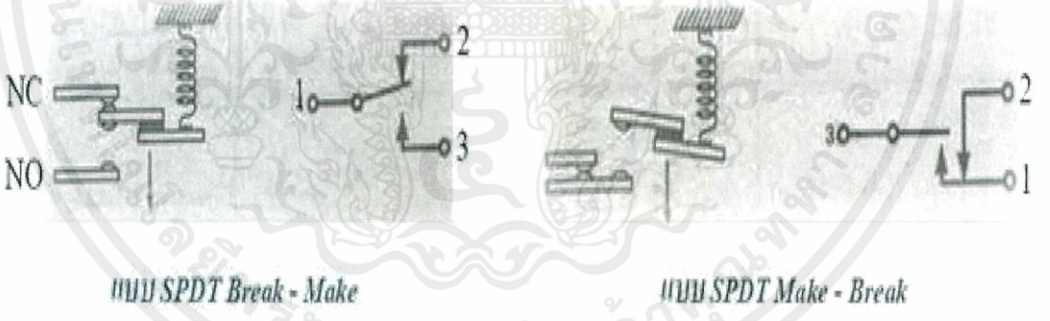
แต่ละหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้มีชื่อเรียกว่าขั้ว (Pole) รีเลย์ในรูปที่ 2.7 มี 4 ขั้ว จึงเรียกหน้าสัมผัสแบบนี้ว่าเป็นแบบ 4PST (Four Pole Single Throw) ถ้าแต่ละขั้วที่เคลื่อนที่แล้วแยกจากหน้าสัมผัสอันหนึ่งไปแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งเหมือนกับสวิตช์โยก โดยเป็นการเลือกหน้าสัมผัส ที่ขนาบอยู่ทั้งสองด้านดังรูปที่ 2.8 หน้าสัมผัสแบบนี้มีชื่อว่า SPDT (Single Pole Double Throw)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 หน้าสัมผัสแบบ SPDT

ในกรณีที่ไม่มีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดของรีเลย์ สภาวะ NO (Normally Open) คือสภาวะปกติหน้าสัมผัสกับขั้วแยกจากกัน ถ้าต้องการให้สัมผัสกันจะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวด ส่วนสภาวะ NC (Normally Closed) คือสภาวะปกติหน้าสัมผัสกับขั้วสัมผัสกัน ถ้าต้องการให้แยกกันจะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวด นอกจากนี้ยังมีแบบแยกก่อนแล้วสัมผัส (Break-Make) หมายถึงหน้าสัมผัสระหว่าง 1 และ 2 จะแยกจากกันก่อนที่หน้าสัมผัส 1 และ 3 จะสัมผัสกัน แต่ถ้าหากตรงข้ามกันคือ หน้าสัมผัส 1 และ 2 จะสัมผัสกัน และจะไม่แยกจากกัน จนกว่าหน้าสัมผัส 1 และ 3 จะสัมผัสกัน (Make-Break) ตามรูปที่ 2.9



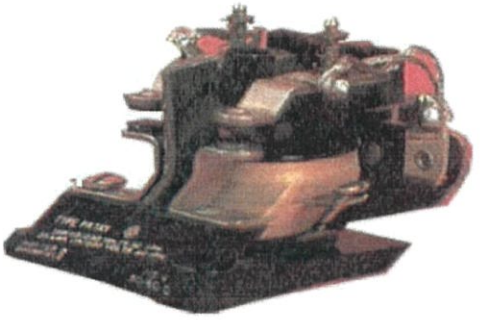
รูปที่ 2.9 หน้าสัมผัสแบบ SPDT แบบ Break – Make และ Make - Break

2.6.3 ชนิดของรีเลย์

รีเลย์ที่ผลิตในปัจจุบันมีอยู่มากมายหลายชนิด ผู้เรียบเรียงจะขอแนะนำรีเลย์ที่นิยมใช้งานและรู้จักกันแพร่หลาย 4 ชนิดเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ในระดับสูงต่อไป

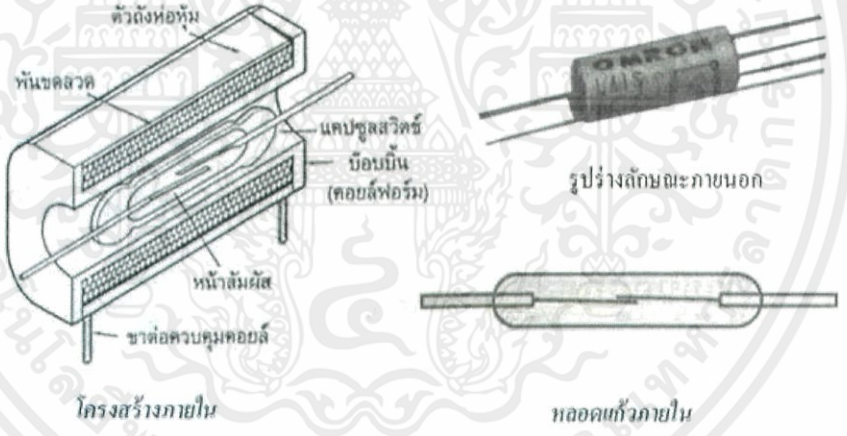
2.6.3.1 อาร์เมเจอร์ (Armature Relay) คือ รีเลย์ที่ได้อธิบายหลักการทำงานดังกล่าว รูปที่ 2.10 เป็นรูปของรีเลย์ชนิดอาร์เมเจอร์ ซึ่งเป็นรีเลย์ที่นิยมใช้กันมากที่สุด บางครั้งเรียกรีเลย์แบบนี้ว่า รีเลย์ชนิดแคลปเปอร์ (Clapper Relay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 รีเลย์ชนิดอาร์เมเจอร์

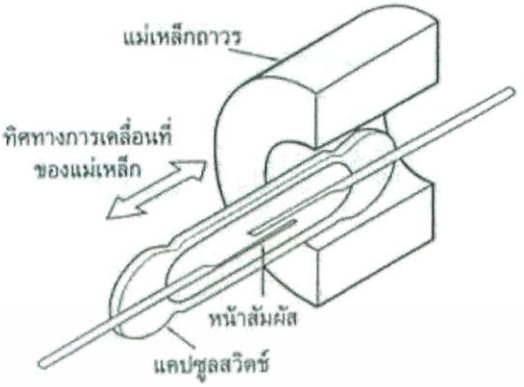
2.6.3.2 รีดรีเลย์ (Reed Relay) เป็นรีเลย์ไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแคปซูลขนาดเล็ก ในรูปที่ 2.11 แสดงภาพตัดขวางของรีเลย์ ที่ประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่ารีดแคปซูล ซึ่งมีคอยล์พันบนแกนบ๊อบบิ้น รีดแคปซูลจะเป็นหลอดแก้ว ภายในบรรจุก๊าซเฉื่อย หน้าสัมผัสเป็นโลหะผสมแผ่นบาง ๆ ปลายตัด 2 แผ่น วางซ้อนแต่ไม่สัมผัสกัน เป็นสวิตช์ชุดเดียวทางเดียวหน้าสัมผัสปกติเปิดวงจร (SPST-NO)



รูปที่ 2.11 รีเลย์ชนิดรีดรีเลย์

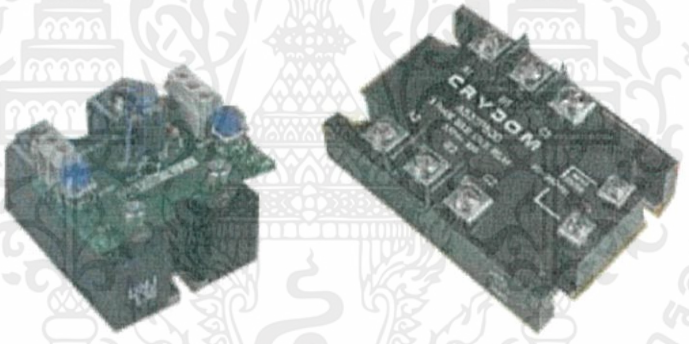
2.6.3.3 รีดสวิตช์ (Reed Switch) เป็นรีเลย์อีกชนิดหนึ่งแต่ไม่มีชุดขดลวดสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก การควบคุมการปิดเปิดหน้าสัมผัสของสวิตช์จะใช้สนามแม่เหล็กจากภายนอกมาควบคุมหน้าสัมผัส โครงสร้างภายในของรีดสวิตช์แสดงดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 รีเลย์ชนิดรีดสวิตช์

2.6.3.4. โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid-State Relay) เป็นรีเลย์ที่ไม่มีโครงสร้างทางกลอยู่ภายใน มีขั้วต่ออย่างละ 2 ขั้ว ขั้วอินพุตเป็นขั้วสำหรับป้อนสัญญาณควบคุม เพื่อบังคับให้ขั้วเอาต์พุตปิดหรือเปิดวงจร โดยจะมีการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างขั้วอินพุตและเอาต์พุต



รูปที่ 2.13 โซลิดสเตตรีเลย์

2.6.4 การเลือกซื้อรีเลย์

การเลือกซื้อรีเลย์มีหลักที่ควรพิจารณาในการเลือกซื้อ โดยให้ระบุความต้องการเป็นข้อ ๆ ว่ารีเลย์ที่กำลังจะซื้อสามารถที่จะสนองความต้องการทั้ง 9 ข้อดังนี้

2.6.4.1 กระแสไฟฟ้าที่ใช้ป้อนให้กับขดลวดเป็นไฟตรงหรือไฟสลับ

2.6.4.2 แรงเคลื่อนและความถี่ของไฟฟ้าที่จะใช้กับขดลวดของรีเลย์

2.6.4.3 ความต้านทานของขดลวดมีค่าเท่าใด

2.6.4.4 อุณหภูมิสูงสุดเท่าใด

2.6.4.5 หน้าสัมผัสต้องใช้กับแรงเคลื่อนและกระแสเท่าใด

2.6.4.6 หน้าสัมผัสเป็นแบบใด

2.6.4.7 แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้มีช่วงแรงดันเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงใด

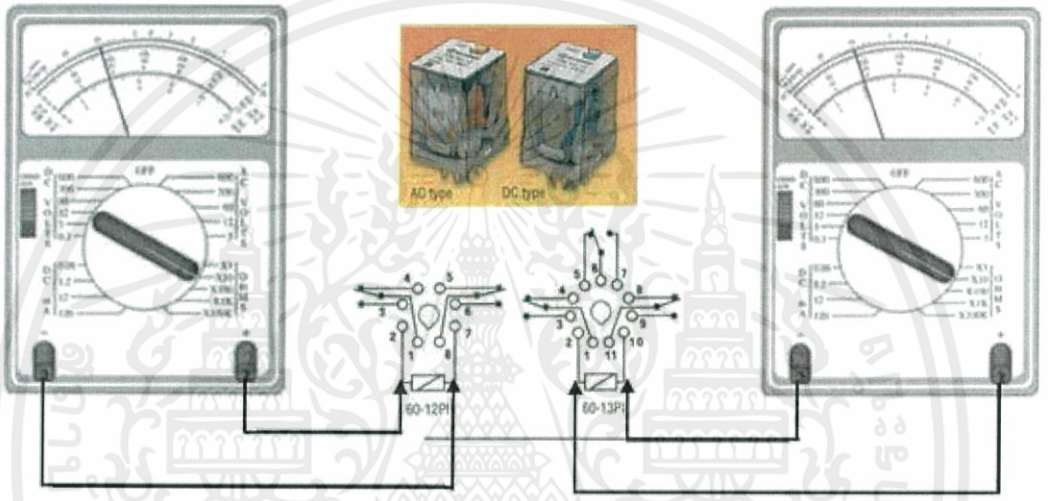
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4.8 ต้องการเวลาสัมผัสและจากของหน้าสัมผัสเร็วหรือช้าเพียงใด

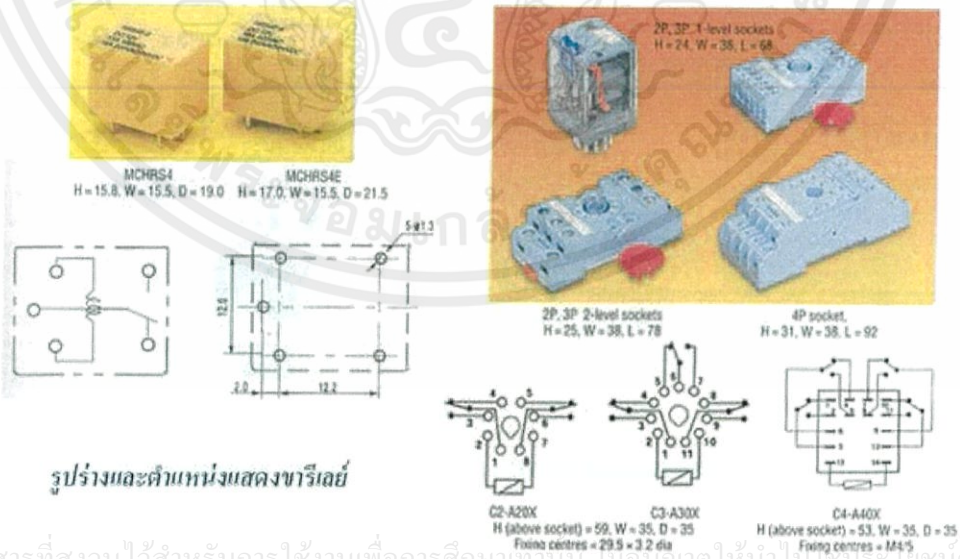
2.6.4.9 ลักษณะรูปร่างภายนอกเป็นอย่างไร และจะติดตั้งเข้ากับวงจรอย่างไร

2.6.5 การตรวจสอบรีเลย์

การตรวจสอบรีเลย์ว่าอยู่ในสภาพดีหรือชำรุดนั้น สามารถกระทำได้โดยใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดโอห์มแล้วใช้สายวัดทั้งสองสัมผัสที่ขั้วขดลวด (Coil) ของรีเลย์ทั้งสองขั้ว ถ้าเข็มมิเตอร์เบี่ยงเบนแสดงค่าความต้านทานแสดงว่ารีเลย์อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ แต่ถ้าหากเข็มไม่ขึ้น แสดงว่าไม่สามารถใช้งานได้



รูปที่ 2.14 การใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสภาพรีเลย์

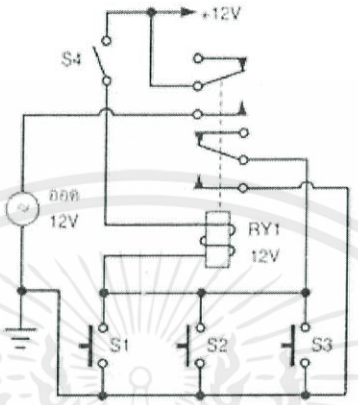


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 รูปร่าง ฐานรองยึด และตำแหน่งขารีเลย์

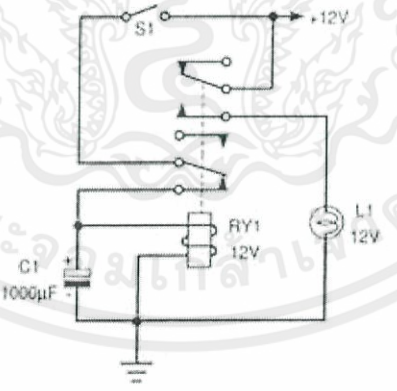
2.6.6 การประยุกต์ใช้งานรีเลย์

ปัจจุบันได้มีการนำรีเลย์ไปใช้ในการทำเป็นสวิตช์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ในวงจรต่างๆมากมาย ตัวอย่างของรายละเอียดและรูปวงจรที่พอเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้า เป็นดังต่อไปดังนี้



รูปที่ 2.16 การนำรีเลย์ไปต่อเป็นสวิตช์ในวงจรกันขโมย

รูปที่ 2.16 เป็นการนำรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัส 2 ชุดมาต่อเป็นวงจรกันขโมย โดยที่หน้าสัมผัสของสวิตช์ใช้แบบปกติเปิดวงจร (NO) เมื่อมีการกดสวิตช์ S1 , S2 และ S3 ตัวใดตัวหนึ่งจะทำให้ออดส่งเสียงเตือนค้าง โดยมีสวิตช์ S4 ทำหน้าที่รีเซตวงจร

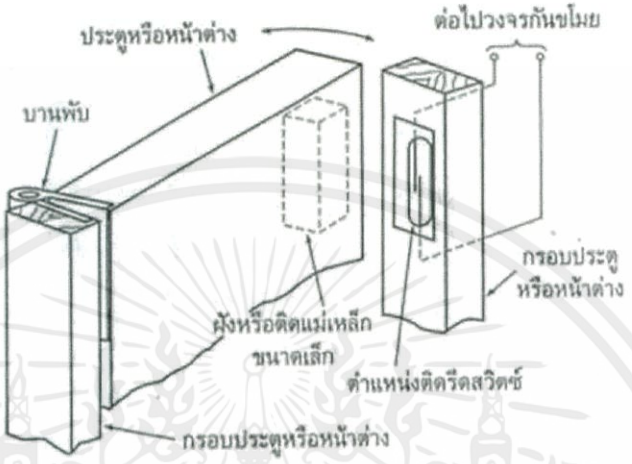


รูปที่ 2.17 การนำรีเลย์มาต่อเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อทำไฟกระพริบ

รูปที่ 2.17 แสดงการนำรีเลย์มาต่อเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อทำเป็นไฟกระพริบ ภายในวงจรใช้รีเลย์ขนาด 12 โวลท์ โดยที่หน้าสัมผัสจะจากกันเมื่อแรงดันต่ำกว่า 5โวลท์ การทำงานของ วงจรเริ่มจากการกดสวิตช์ S1 จะทำให้มีกระแสไหลครบวงจรผ่านขดลวดของรีเลย์ พร้อมทั้งชาร์จไฟเข้าที่ตัวเก็บประจุ C1 ซึ่งจะทำการประจุกระแส จนกระทั่งแรงดันตกคร่อมขดลวดของรีเลย์ RY1 ทำงาน ทำให้หน้าสัมผัสแบบ NC เปิดวงจรออก ตัวเก็บประจุ C1 หยุดการชาร์จ ในขณะเดียวกันก็จะทำให้หน้าสัมผัสซึ่งเป็นแบบ NO ปิดวงจรส่งผลให้หลอดไฟ L1 สว่าง ขณะนี้ตัวเก็บประจุ C1 เริ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

คายประจุให้กับขดลวดแทน มีผลทำให้รีเลย์คงสภาวะการทำงานค้างไว้ จนกระทั่งแรงดันที่คายออกจาก C1 ค่อย ๆ ลดลงจนถึงค่าที่ทำให้ขดลวดไม่สามารถดูดหน้าสัมผัสให้อยู่ได้ จึงทำให้รีเลย์กลับสู่สภาวะเริ่มต้นหรือสภาวะปกติอีกครั้ง ทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์เปิดปิดสลับกันไปตลอดทำให้ไฟติดและดับสลับกัน



รูปที่ 2.18 การนำรีดสวิตช์ไปใช้ในวงจรกันขโมย

รูปที่ 2.18 แสดงการนำรีดสวิตช์ไปใช้ในวงจรกันขโมย โดยฝังสวิตช์ไว้ในกรอบประตูและฝังแม่เหล็กในบานประตู ขณะที่มีการเปิดประตูจะทำให้หน้าสัมผัสของรีดสวิตช์เปิดออกตามลักษณะการเปิดปิดประตู ถ้ามีขโมยเข้ามาก็จะทราบได้ทันที

2.7 ทฤษฎีแมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Mangnetic Contactor) [5]

รูปที่ 2.19 แมกเนติกคอนแทกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยอำนาจแม่เหล็กในการเปิดปิดหน้าสัมผัสในการควบคุมวงจรมอเตอร์หรือเรียกว่าสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) หรือคอนแทกเตอร์ (Contactor) ก็ได้

ข้อดี ของการใช้รีเลย์และแมกเนติกคอนแทกเตอร์เมื่อเทียบกับสวิตช์อื่น

1.ให้ความปลอดภัยสำหรับผู้ควบคุมสูง

2.ให้ความสะดวกในการควบคุม

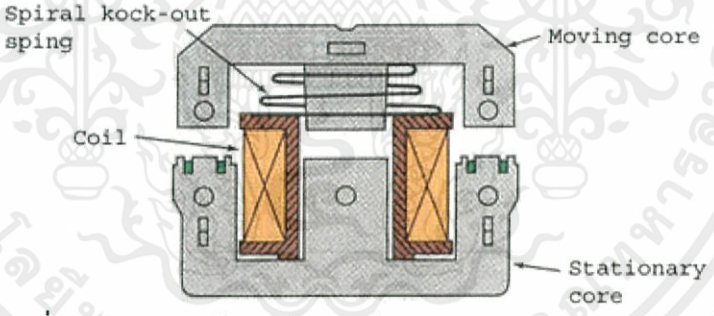
3.ประหยัดเมื่อเทียบกับการควบคุมด้วยมือ

2.7.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ หรือสวิตช์แม่เหล็ก

รูปที่ 2.20 แมกเนติกคอนแทกเตอร์แต่ละยี่ห้อ

2.7.1.1 โครงสร้างหลักที่สำคัญของแมกเนติกคอนแทกเตอร์

1. แกนเหล็ก
2. ขดลวด
3. หน้าสัมผัส



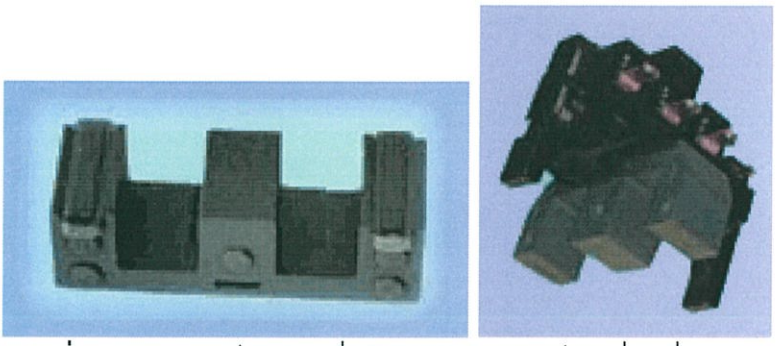
รูปที่ 2.21 ลักษณะโครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทกเตอร์

2.7.1.2 ส่วนประกอบภายในแมกเนติกคอนแทกเตอร์

แกนเหล็ก

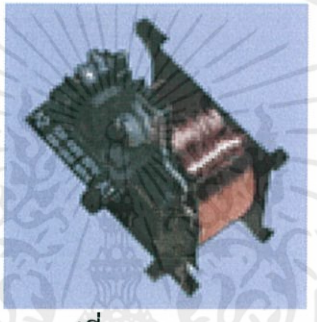
แกนเหล็กแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ แกนเหล็กอยู่กับที่ (Fixed Core or Stationary core) จะมีลักษณะที่ขาทั้งสองข้างของแกนเหล็กมีลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดอยู่เป็นรูปวงแหวนฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกนเพื่อลดการสั่นสะเทือนของแกนเหล็ก อันเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนไฟฟ้ากระแสสลับ เรียกวงแหวนนี้ว่า เช็ดเด็ดริ่ง (Shaddedring) และแกนเหล็กเคลื่อนที่ (Moving Core) ทำจากแผ่นเหล็กบางอัดซ้อนกันเป็นแกน จะมีชุดหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ (Moving Contact) ยึดติดอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แกนเหล็กอยู่กับที่ (ซ้าย) และแกนเหล็กเคลื่อนที่ (ขวา)

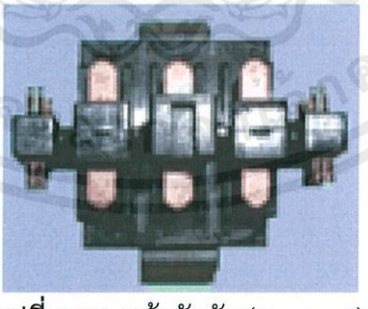
ขดลวด (Coil)



รูปที่ 2.23 ขดลวด

ขดลวดทำมาจากลวดทองแดงพันอยู่รอบอ๊บบิ้น สวมอยู่ตรงกลางของขาตัวอีที่อยู่กับที่ ขดลวดทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก มีขั้วต่อไฟเข้า ใช้สัญลักษณ์อักษรกำกับ คือ A1- A2 หรือ a-b

หน้าสัมผัส (Contact)



รูปที่ 2.24 หน้าสัมผัส (Contact)

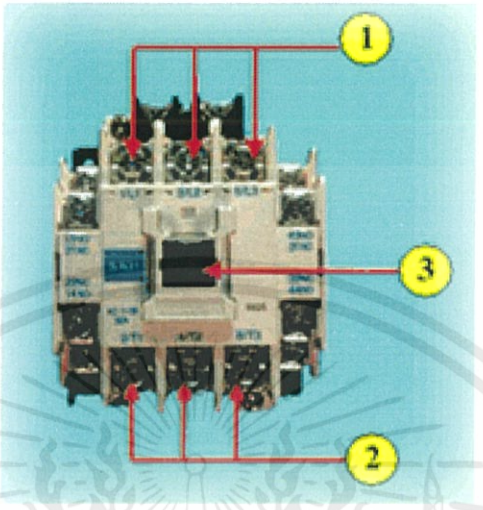
หน้าสัมผัสจะยึดติดอยู่กับแกนเหล็กเคลื่อนที่ แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ

- หน้าสัมผัสหลัก หรือเรียกว่าเมนคอนแท็ก (Main Contact) ใช้ในวงจรกำลัง ทำหน้าที่ตัดต่อระบบไฟฟ้าเข้าสู่โหลด
- หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contac) ใช้กับวงจรควบคุม หน้าสัมผัสช่วยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open : N.O.) และ หน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close : N.C.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.3 ส่วนประกอบภายนอก

ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสหลัก (Main Contact)

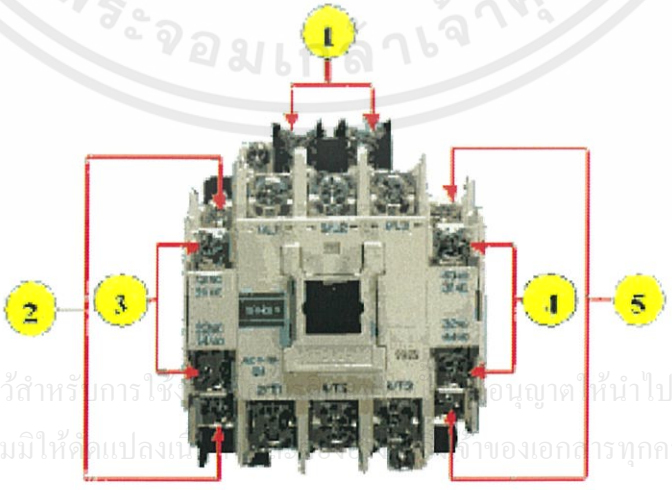


รูปที่ 2.25 ภาพส่วนประกอบภายนอกของหน้าสัมผัสหลัก

มีสัญลักษณ์อักษรกำกับบอกดังนี้
- หน้าสัมผัสหลักคู่ที่1 1/L1 - 2/T1
- หน้าสัมผัสหลักคู่ที่2 3/L2 - 4/T2
- หน้าสัมผัสหลักคู่ที่3 5/L3 - 6/T3

หมายเลข 1 เป็นจุดต่อไฟฟ้าเข้าหน้าสัมผัสหลัก มีสัญลักษณ์อักษรกำกับคือ 1/L1 3/L2 และ 5/L3
หมายเลข 2 เป็นจุดต่อไฟฟ้าเข้าหน้าสัมผัสหลัก มีสัญลักษณ์อักษรกำกับคือ 2/T1 4/T2 และ 6/T3
หมายเลข 3 ปุ่มทดสอบหน้าสัมผัส

ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสปกติ

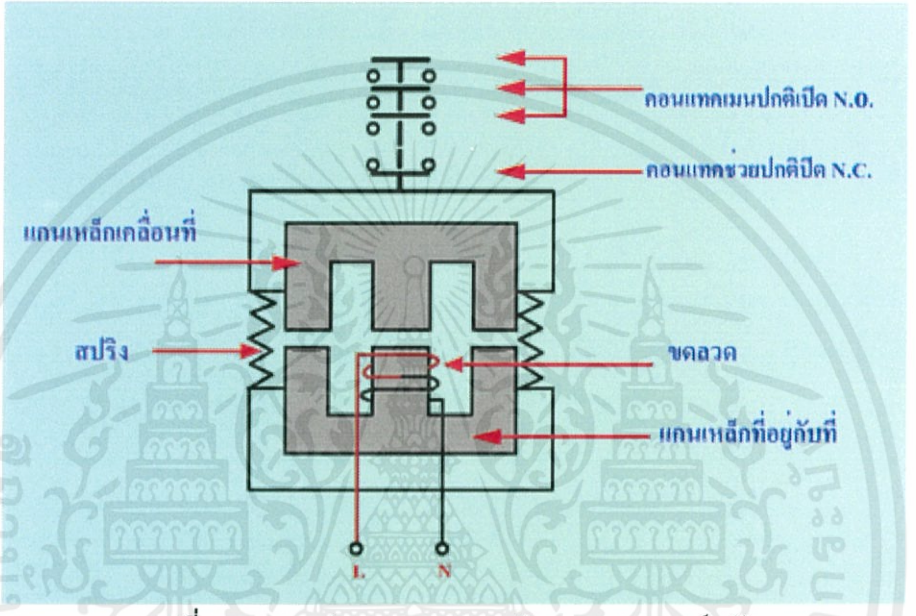


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.26 ภาพส่วนประกอบภายนอกของหน้าสัมผัสปกติ

หมายเลข 1 ขั้ว A จุดต่อไฟเข้าขดลวด-A2
หมายเลข 2 หน้าสัมผัสปกติเปิดหมายเลข(N.O.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 13-14
หมายเลข 3 หน้าสัมผัสปกติปิดหมายเลข(N.C.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 21-22
หมายเลข 4 หน้าสัมผัสปกติปิดหมายเลข(N.C.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 31-32
หมายเลข 5 หน้าสัมผัสปกติเปิดหมายเลข(N.O.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 43-44

2.7.2 หลักการทำงาน



รูปที่ 2.27 การทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์หลัก

จากรูปที่ 2.27 เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กที่อยู่ขากลางของแกนเหล็ก ขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กที่มีแรงสนามแม่เหล็กที่ชนะแรงสปริง ดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่เคลื่อนที่ลงมา ในสภาวะนี้(ON) คอนแทกทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือคอนแทกปกติปิด จะเปิดวงจรจุดสัมผัสออก และคอนแทกปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัส เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังขดลวด สนามแม่เหล็กคอนแทกทั้งสองชุดจะกลับไปสู่สภาวะเดิม

2.7.3 ชนิดและขนาดของแมกเนติกคอนแทกเตอร์

คอนแทกเตอร์ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 4 ชนิดตามลักษณะของโหลด และลักษณะการนำไปใช้งาน มีดังนี้

AC 1 : เป็นแมกเนติกคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสำหรับโหลดที่เป็นความต้านทานหรือในวงจรที่มีอินดัดทีฟน้อยๆ

AC 2 : เป็นแมกเนติกคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้กับโหลดที่เป็นสปริงมอเตอร์

AC 3 : เป็นแมกเนติกคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสำหรับใช้การสตาร์ทและหยุดโหลดที่เป็นมอเตอร์กรงกระรอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC 4 : เป็นแมกเนติกคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสำหรับการสตาร์ท-หยุดมอเตอร์ วงจร jogging และการกลับทางหมุนมอเตอร์แบบกรงกระรอก

2.7.4 การพิจารณาเลือกไปใช้งาน

ในการเลือกแมกเนติกคอนแทกเตอร์ในการใช้งานให้เหมาะสมกับมอเตอร์นั้น จะพิจารณาที่กระแสสูงสุด

ในการใช้งานที่พิกัดกระแส (rated current) และแรงดันของมอเตอร์ ต้องเลือกแมกเนติกคอนแทกเตอร์ที่มีกระแสสูงกว่ากระแสที่ใช้งานของมอเตอร์ ที่มีแรงดันเท่ากัน

ในการพิจารณาเลือกแมกเนติกคอนแทกเตอร์ใช้งานควรพิจารณาดังนี้

- ลักษณะของโหลดและการใช้งาน
- แรงดันและความถี่
- สถานที่ใช้งาน
- ความบ่อยครั้งในการใช้งาน
- การป้องกันจากการสัมผัสและการป้องกันน้ำ
- ความคงทนทางกลและทางไฟฟ้า

รีเลย์ช่วยหรืออาจเรียกว่ารีเลย์ควบคุม (Control Relay) การทำงานอาศัยอำนาจในการเปิดปิดหน้าสัมผัส เหมือนกับ หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ ต่างกันตรงที่รีเลย์ช่วยจะทนกระแสได้ต่ำ หน้าสัมผัสจะเล็กกว่าหน้าสัมผัส ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ลักษณะของหน้าสัมผัสของรีเลย์ช่วยมีสองชนิด หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open : N.O.) และหน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close : N.C.) จำนวนหน้าสัมผัสและชนิดของหน้าสัมผัสขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตและการนำไปงาน

2.8 การใช้งานพื้นฐานของซิกบี [6]

การสร้าง เครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee) ของคุณเอง

เครือข่าย ZB ซิกบี คือ เทคโนโลยีไร้สายที่มาแรงที่สุดในช่วงนี้ มันทั้งเร็วและง่ายที่จะใช้ , ความน่าเชื่อถือสูง ดูแลรักษาง่าย หัวข้อนี้จะช่วยแนะนำคุณเกี่ยวกับ เครือข่าย ZB ซิกบี (ZigBee) และ จะสร้างความมั่นคงให้คุณและการสร้างบล็อกจำเป็นต้องเข้าใจเทคโนโลยีนี้ ในรูปแบบสำหรับผู้ใช้มือใหม่ ข้อมูลในหัวข้อนี้จะไม่ใช่แผ่นข้อมูลของเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee) ตัวอย่างที่แสดงในนี้เป็นแบบง่ายแต่จะสามารถทำให้คุณสามารถนำมาใช้ในครั้งแรกได้

2.8.1 องค์ประกอบเครือข่าย ZB ซิกบี (ZigBee)

2.8.1.1 โคออดิเนเตอร์(Coordinator) – การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์คุณเชื่อมต่อถึงโคออดิเนเตอร์ โคออดิเนเตอร์ สื่อสารถึงเครือข่ายไร้สาย ZB ซิกบี(ZigBee) คอมพิวเตอร์คุณพูดถึงเครือข่าย ZB ซิกบี (ZigBee) โดยใช้ โคออดิเนเตอร์ แนวคิดของโคออดิเนเตอร์ เป็นการอินเตอร์เฟซ ถึงเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee) NCDโคออดิเนเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือการติดตั้งด้วย USB อินเตอร์เฟซ USBโคออดิเนเตอร์ ติดเป็น Serial Port บนคอมพิวเตอร์คุณ, และคุณจะพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยการส่งคำสั่ง Serial ที่ 115.2 KBaud โคออดิเนเตอร์เพียงตัวเดียวเท่านั้นที่จะติดตั้งภายในเครือข่ายแบบไร้สาย ZB ซิกบี(ZigBee) โคออดิเนเตอร์สองชนิดสามารถใช้ได้ คือ AT และ API โดยปกติ จะใช้ ATโคออดิเนเตอร์ จะใช้คำสั่ง Terminal-like AT ที่จะคุยกับเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee)มันง่ายกว่าการใช้ APIโคออดิเนเตอร์ APIโคออดิเนเตอร์ มันจะใช้สายของการเลือกไบต์อย่างระมัดระวังและchecksums ถึงการสือสารข้อมูล กับ เครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee) APIโคออดิเนเตอร์ มันยากที่ใช้กว่า,แต่สามารถสือสารและสวิตซ์ระหว่างอุปการณ์ได้เร็วกว่า ในหัวข้อนี้จะแนะนำเกี่ยวกับ ATโคออดิเนเตอร์ คุณสามารถแปลง ATโคออดิเนเตอร์ เป็น APIโคออดิเนเตอร์ และในทางกลับกันการใช้ X-CTU จาก www.digi.com ถึงการเบิร์น AT หรือ API เฟิร์มแวร์ลงในอุปกรณ์ USBโคออดิเนเตอร์ คุณจะเบิร์นเฟิร์มแวสำหรับอุปกรณ์โคออดิเนเตอร์ เท่านั่น ไม่สามารถใช้ในอุปกรณ์ เราท์เตอร์(Router) หรือ เอ็นพ้อย(Endpoint) ได้

2.8.1.2 เราท์เตอร์(Router) เชื่อมต่อ โคออดิเนเตอร์**และเอ็นพ้อย**

- นำข้อมูลจาก โค*ออดิเนเตอร์*ถึงเอ็นพ้อย
- นำข้อมูลจากเราท์เตอร์ถึงเราท์เตอร์
- สามารถใช้เป็นอุปกรณ์เอ็นพ้อย
- เป็นสะพานนำข้อมูลระหว่างอุปกรณ์นอกพื้นที่และที่ตำแหน่งระหว่างโคออดิเนเตอร์และเราท์เตอร์อื่นๆและ/หรืออุปกรณ์เอ็นพ้อย

หน้าที่แรกของเราท์เตอร์คือเป็นสะพานไร้สายระหว่างคอมพิวเตอร์คุณ (โคออดิเนเตอร์) และอุปกรณ์(Endpoint) ถ้าโคออดิเนเตอร์ไม่สามารถพูดกับอุปกรณ์เอ็นพ้อย เพราะมันอยู่ห่างไกลกัน เราท์เตอร์จะทำให้มันสามารถถึงกันได้ บางทีส่วนที่ทำให้เกิดความสับสนมากที่สุดของเราท์เตอร์คือมันสามารถเป็นอุปกรณ์เอ็นพ้อย ได้มันจะดึงดูดให้ใช้เราท์เตอร์เท่านั้น และข้ามการใช้อุปกรณ์เอ็นพ้อน โดยสิ้นเชิง อย่างไรก็ตามในการทดสอบได้แสดงถึงเราท์เตอร์จะช้ากว่าอุปกรณ์เอ็นพ้อย และเครือข่ายจะช้าลง ดังนั้น,คุณควรใช้อุปกรณ์ เอ็นพ้อย เมื่อเป็นไปได้เท่านั่นและใช้เราท์เตอร์เมื่อจำเป็น

2.8.1.3 เอ็นพ้อย(Endpoint) - อุปกรณ์ห่างไกล

เอ็นพ้อย คืออุปกรณ์ ในกรณีของอุปกรณ์ NCD , เอ็นพ้อยส่วนใหญ่คือ รีเลย์ควบคุมหรืออุปกรณ์บางชนิดสำหรับเก็บข้อมูลหรือ การควบคุมทางคอมพิวเตอร์ เอ็นพ้อยไม่สามารถนำข้อมูลถึงอุปกรณ์อื่นๆได้ มันเป็นจุดสุดท้ายสำหรับการส่งข้อมูล,มันเป็นเพียงแค่อุปกรณ์ ในเรื่องเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ NCD, เอ็นพ้อยสามารถเป็น รีเลย์ควบคุม, ตัวเก็บข้อมูลอุปกรณ์ PWM, และใช้เป็นอย่างอื่นได้อีกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28 สัญลักษณ์ของโคออดิเนเตอร์ เอ็นพ้อย และเราท์เตอร์ ตามลำดับ

2.8.2 การพัฒนาเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee)

การสร้างบล็อกของเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee)

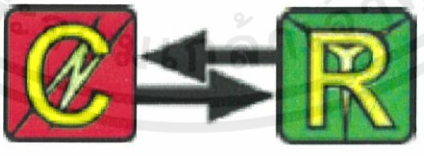
2.8.2.1 เครือข่าย โคออดิเนเตอร์/เอ็นพ้อย

เป็นพื้นฐานของเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee)สามารถสร้างแค่สองอุปกรณ์โคออดิเนเตอร์และเอ็นพ้อย ในกรณีนี้ โคออดิเนเตอร์มีสองเส้นทางในการสื่อสารกับอุปกรณ์เอ็นพ้อย

รูปที่ 2.29 การสื่อสารระหว่างโคออดิเนเตอร์และเอ็นพ้อย

2.8.2.2 เครือข่าย โคออดิเนเตอร์/เราท์เตอร์

เป็นพื้นฐานของเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee) สามารถสร้างระหว่างโคออดิเนเตอร์และเราท์เตอร์ เราเตอร์สามารถใช้เป็นอุปกรณ์เอ็นพ้อย และโคออดิเนเตอร์มีสองเส้นทางในการสื่อสารกับอุปกรณ์นี้ ในการทดสอบ,เราท์เตอร์จะช้ากว่าอุปกรณ์เอ็นพ้อย ,ในเครือข่ายที่มีระยะทางไม่ไกล อุปกรณ์โค*ออดิเนเตอร์*และเอ็นพ้อยจะทำงานดีกว่าโคออดิเนเตอร์และเราท์เตอร์ไม่มากในเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee)



รูปที่ 2.30 การสื่อสารระหว่างโคออดิเนเตอร์และเราท์เตอร์

2.8.2.3 เครือข่าย โคออดิเนเตอร์/เราท์เตอร์/เอ็นพ้อย

ถ้าโคออดิเนเตอร์ไม่สามารถต่อกับอุปกรณ์เอ็นพ้อย (ปัญหาเรื่องระยะทาง) เราท์เตอร์สามารถวางระหว่างโค*ออดิเนเตอร์*และเอ็นพ้อยจะทำให้ไปถึงตัวอุปกรณ์เอ็นพ้อยได้ ในตัวอย่างนี้ โคออดิเนเตอร์สื่อสารถึงตัวเราท์เตอร์ ตัวเราท์เตอร์สื่อสารถึงอุปกรณ์เอ็นพ้อย เมื่ออุปกรณ์เอ็นพ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการส่งกลับไปที่คอมพิวเตอร์ มันต้องนำข้อมูลมาไปที่ตัวเราท์เตอร์ก่อน และเราท์เตอร์จะส่งข้อมูลกลับไปที่ตัวโคออดิเนเตอร์

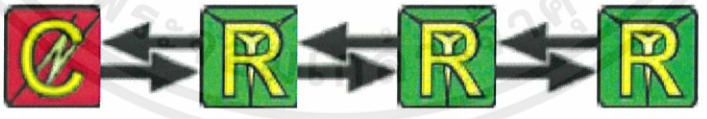
รูปที่ 2.31 การสื่อสารระหว่างโคออดิเนเตอร์ , เอ็นพ้อย และเราท์เตอร์

2.8.3 ตัวอย่างการสร้างโครงข่ายซิกบี

โคออดิเนเตอร์ สามารถสื่อสารได้ไม่เกิน 8 อุปกรณ์เอ็นพ้อย

รูปที่ 2.32 ตัวอย่างโครงข่ายซิกบีที่ 1

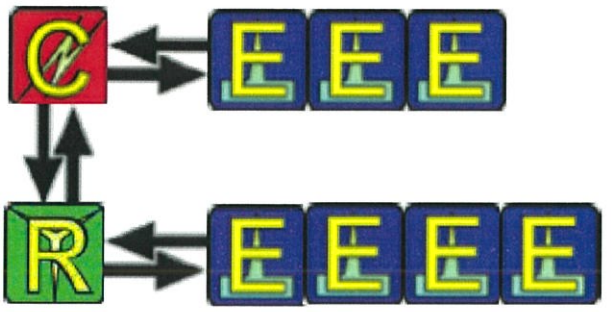
ถ้าการสื่อสารระยะทางไกลคือเป้าหมายของคุณ โคออดิเนเตอร์/เราท์เตอร์ เครือข่าย“ระยะทาง” สามารถนำมาใช้ได้ มันจะช้าแต่สามารถใช้ในระยะทางไกลๆได้



รูปที่ 2.33 ตัวอย่างโครงข่ายซิกบีที่ 2

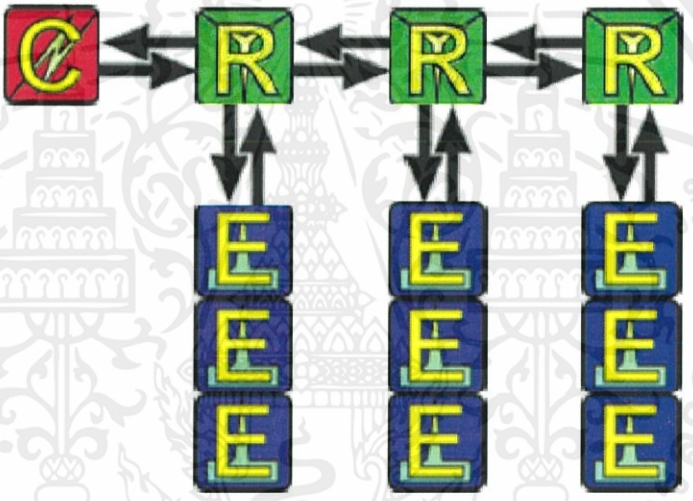
ในขณะที่คุณกำลังเริ่มใช้เครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee) ที่มากขึ้น การผสมผสานการใช้ อุปกรณ์เอ็นพ้อยและเราท์เตอร์ควรเกิดขึ้น เราท์เตอร์สามารถใช้ขยายระยะทาง, แต่ถ้าใช้จำนวนมากจะช้า ดังนั้นใช้เราท์เตอร์เมื่อจำเป็น ในตัวอย่างนี้ อุปกรณ์เอ็นพ้อยสามตัวแรกจะต่อโดยตรงกับตัวโคออดิเนเตอร์ โคออดิเนเตอร์ยังคงติดต่อกับตัวเราท์เตอร์ ตัวเราท์เตอร์ยังคุยกับอีกสี่อุปกรณ์

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ... ใช้



รูปที่ 2.34 ตัวอย่างโครงข่ายซิกบีที่ 3

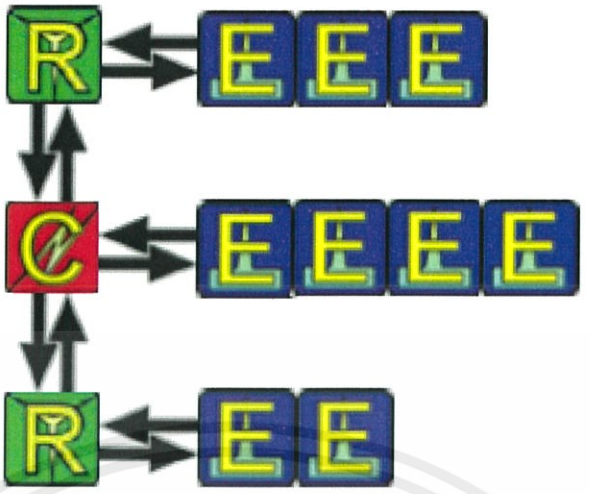
อีกรูปแบบของเครือข่าย “ระยะทาง” ด้วยเหตุนี้โคออดิเนเตอร์ติดต่อกับเราท์เตอร์และเราท์เตอร์เชื่อมโยงกับเอ็นพ้อย



รูปที่ 2.35 ตัวอย่างโครงข่ายซิกบีที่ 4

โคออดิเนเตอร์ อุปกรณ์สามารถเชื่อมโยงถึงตัวมันได้ถึง 8 อุปกรณ์ ในกรณีนี้มันเชื่อมโยง 5 เอ็นพ้อยและ 2 เราท์เตอร์ (รวมทั้งที่เชื่อมโยงทั้งหมด 7 จาก 8 ที่เป็นไปได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 ตัวอย่างโครงข่ายซิกบีที่ 5

2.8.4 ข้อมูลโดยสรุปของเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee)

- โคออดิเนเตอร์ใช้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์คุณ
- โคออดิเนเตอร์ใช้สื่อสารกับเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee)
- ควรใช้เพียง 1 โคออดิเนเตอร์เท่านั้น
- ควรใช้โคออดิเนเตอร์
- โคออดิเนเตอร์สามารถติดต่อได้สูงสุดได้ถึง 8 เอ็นพ้อยหรือเราท์เตอร์ ในการรวมกัน
- อุปกรณ์คือเอ็นพ้อย
- โคออดิเนเตอร์สามารถคุยกับเอ็นพ้อย
- ถ้าโคออดิเนเตอร์ไม่สามารถคุยกับเอ็นพ้อยเพราะมาเกินกว่าระยะที่กำหนด,เราท์เตอร์สามารถช่วยเป็นสะพานส่งข้อมูลระหว่างโคออดิเนเตอร์และเอ็นพ้อย
- เราท์เตอร์สามารถใช้เป็นอุปกรณ์เอ็นพ้อยแค่มันจะช้ากว่า
- ใช้อุปกรณ์เอ็นพ้อยเมื่อเป็นไปได้
- ใช้เราท์เตอร์เมื่อจำเป็นสำหรับความเร็วในการสื่อสารที่ดีที่สุดและข้อมูลจะข้ามผ่านเครือข่าย ZB ซิกบี(ZigBee)ไร้สายน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.5 เครือข่ายซิกบี (Zigbee) ถูกสร้างและรักษาตัวเองได้อย่างไร

เครือข่ายซิกบี (Zigbee) จะถูกสร้างขึ้นอย่างอัตโนมัติ เมื่อส่วนประกอบของเครือข่ายนั้นได้รับการป้อนไฟ ส่วนประกอบต่างๆของเครือข่ายซิกบี (อุปกรณ์ โคออดิเนเตอร์ , เราท์เตอร์ และเอ็นพ้อย) จะเริ่มสื่อสาร วัดค่าความเข้มของสัญญาณ และตัดสินใจใช้เส้นทางการสื่อสารที่ดีที่สุด เครือข่ายจะจัดระบบใหม่เมื่อมีการป้อนไฟเข้าส่วนประกอบของเครือข่ายซิกบีตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งหมด ในทางปฏิบัติแล้ว ผู้ใช้งานไม่ได้ควบคุมวิธีการสร้างเครือข่าย แต่จะเลือกใช้ส่วนประกอบของเครือข่ายให้เหมาะกับการใช้งานแทน โดยมีหลักทั่วไปคือ จะมีโคออดิเนเตอร์อยู่ 1 ตัวเท่านั้น และจะมีเอ็นพ้อยมากที่สุดเท่าที่เป็นได้ เราท์เตอร์จะถูกใช้เท่าที่จำเป็น คือใช้เพื่อเป็นตัวกลางหรือสะพานระหว่างช่องว่างของ โคออดิเนเตอร์และเอ็นพ้อยเท่านั้น จำไว้ว่า โคออดิเนเตอร์ 1 ตัว จะสามารถร่วมงานกับอุปกรณ์อื่นได้อีกเพียง 8 ตัวเท่านั้น เช่นเดียวกัน เราท์เตอร์ 1 ตัวจะสามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้อีก 8 ตัวเท่านั้น แต่เอ็นพ้อย 1 ตัวจะสามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้อีกเพียง 1 ตัวเท่านั้น (กับโคออดิเนเตอร์หรือกับเราท์เตอร์ที่มีการสื่อสารกับโคออดิเนเตอร์) การสร้างเครือข่ายจะใช้เวลาเพียงไม่กี่วินาที แต่ก็อาจจะใช้เวลาเป็นนาทีหรือสองนาทีในการสื่อสารกันของอุปกรณ์ทั้งหมดบนเครือข่ายไร้สายซิกบี หากเราท์เตอร์หลุดออกจากเครือข่าย ก็สามารถที่จะนำกลับเข้าเครือข่ายใหม่อีกครั้งได้แต่เป็นเส้นทางใหม่และอาจใช้เวลาสักเล็กน้อย โชคดีของคุณ ที่เราได้ทำทุกอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่คุณต้องทำก็คือรอด้วยเวลาเพียงเล็กน้อยในการนำกลับเข้ามาใหม่ของอุปกรณ์บนเครือข่าย

2.8.6 ความเร็วของเครือข่ายซิกบี

เรื่องของความเร็วถือเป็นเรื่องที่ไม่ใช่ลักษณะเด่นของซิกบี คุณสมบัติของเครือข่ายซิกบีคือเรื่องของการส่งและรับข้อมูลขนาดเล็กแบบเป็นช่วงๆ ซึ่งไม่ได้ถูกออกแบบมาใช้ในเรื่องของการสื่อสารข้อมูลขนาดใหญ่ด้วยความเร็วสูง อย่างไรก็ตาม อนาคตจะเปิดให้สำหรับเทคโนโลยีนี้เช่นเดียวกันกับในทุกๆนวัตกรรมเทคโนโลยีใหม่ๆ ในการปรับปรุงพัฒนาต่อไป เพื่อให้ได้ความเร็วตามที่คุณต้องการ หากคุณกำลังพยายามในการส่งข้อมูลรูปภาพ คุณก็จะเห็นได้ถึงความช้าของมัน แต่น่าเชื่อถืออย่างเหลือเชื่อ อุปกรณ์ในเครือข่ายซิกบีอาจจะหายไปเป็นช่วงๆจากเครือข่ายได้ ด้วยเหตุนี้และการใช้งานเราท์เตอร์จะทำให้ความเร็วในการสื่อสารช้าลง จากคุณสมบัติการรักษาตนเองและบัฟเฟอร์ขนาดใหญ่ช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือขึ้นอย่างมาก แต่บางครั้งก็มีการทำงานที่ตรงข้ามกับเรื่องของความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.7 การจัดการอุปกรณ์บนเครือข่ายซิกบี

อุปกรณ์ NCD บนเครือข่ายซิกบีถูกแบ่งออกเป็นไมโครโปรเซสเซอร์สองตัวแยกจากกัน ตัวแรกที่คุณต้องทำงานด้วยคือโมดูลการสื่อสารของเครือข่ายไร้สายซิกบี โมดูลตัวนี้จะเชื่อมต่อโดยตรงผ่านการสื่อสารแบบอนุกรมไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ที่พัฒนาโดย NCD อัตราการรับส่งข้อมูลระหว่างโมดูลไร้สายบนเครือข่ายซิกบีกับไมโครโปรเซสเซอร์ของ NCD มักจะมีค่าอยู่ระหว่าง 9600 บอด (สำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็กที่มีไมโครโปรเซสเซอร์แบบ 8 ขา) จนถึง 115.2K บอด สำหรับอุปกรณ์ NCD ขนาดใหญ่ เช่น อุปกรณ์ ProXR ต่างๆ เราได้กำหนดค่าและทดสอบอุปกรณ์เครือข่ายซิกบีก่อนที่จะมีการจัดส่ง โดยที่ส่วนหนึ่งของกระบวนการการกำหนดค่าและการทดสอบของเรานั้นเกี่ยวข้องกับการตั้งค่าอัตราการส่งข้อมูลและการเข้าถึงอุปกรณ์ (การตรวจสอบการสื่อสารทั้ง 2 ทาง) จากตัวโคออดิเนเตอร์

2.8.8 สร้างเครือข่ายซิกบีแรกของคุณเอง

ในฐานะของผู้ใช้งานคนหนึ่ง มีพื้นฐาน 4 ข้อที่คุณต้องศึกษา

1. ข้อแรก คุณต้องใช้ซอฟแวร์เบสสเตชัน NCD เพื่อเปิดพอร์ตอนุกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของคุณในการเริ่มต้นการสื่อสารกับโคออดิเนเตอร์
2. ลำดับที่สอง คุณจะต้องรู้หมายเลข serial ของทุกอุปกรณ์ในเครือข่าย ZB ZigBee คุณจะใช้หมายเลข serial เหล่านี้เพื่อระบุอุปกรณ์ต่างๆในเครือข่าย
3. ลำดับที่สาม คุณอาจจะต้องการทราบถึงวิธีการในการส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ที่ได้กำหนดไว้ในเครือข่ายซิกบีที่ใช้หมายเลข serial
4. สุดท้าย คุณจะต้องส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ของ NCD เพื่อดำเนินการตามฟังก์ชันที่ต้องการ เช่น เปิดใช้งานรีเลย์ หรือการเก็บรวบรวมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.9 เทคโนโลยีที่ 1

2.8.9.1 โคออดิเนเตอร์

โคออดิเนเตอร์หนึ่งตัวปลั๊กเข้ากับพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์ของคุณและสื่อสารกับเครือข่ายซิกบี โคออดิเนเตอร์นี้เพิ่มเป็นพอร์ตCOM เสมือนบนคอมพิวเตอร์ของคุณ (ไดร์เวอร์ COM เสมือนจริงที่ใช้ได้สำหรับทุกระบบปฏิบัติการที่ใช้กันมาก) ซอฟต์แวร์ของคุณทั้งหมดจะถูกเขียนเหมือนว่าคุณกำลังคุยกับพอร์ต COM ที่อัตราเร็วการส่งข้อมูล 115.2K บอด อัตราการส่งข้อมูลนี้เป็นสิ่งสำคัญมาก และยังสำคัญอีกด้วยที่จะรู้ว่าพอร์ต COM ของคอมพิวเตอร์คุณส่งข้อมูลไปยังโคออดิเนเตอร์

S/N: 0013A200 404BFBF7

รูปที่ 2.37 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นโคออดิเนเตอร์

2.8.9.2 เราท์เตอร์

ZR15_ZBMESH จะได้รับโปรแกรมที่มีเฟิร์มแวร์แบบเราท์เตอร์ ด้วยสิ่งนี้จะช่วยให้คุณสามารถส่งต่อข้อมูลไปยังอุปกรณ์ระยะไกลในเครือข่ายซิกบี นอกจากนี้เรายังจะใช้ประโยชน์จากความสามารถของเราท์เตอร์ในการทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ปลายทางหรือเอ็นพ้อย ซึ่งในกรณีนี้จะถูกใช้ในการควบคุมรีเลย์สองตัว เราท์เตอร์ควรใช้เฉพาะเมื่อมีความจำเป็นเท่านั้น เพราะช้ากว่าเอ็นพ้อย

S/N: 0013A200 403E29EE

รูปที่ 2.38 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเราท์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.9.3 เอ็นพ้อย

ZR15_ZBMESH ตัวที่สองนี้จะได้รับการโปรแกรมที่มีเฟิร์มแวร์เป็นเอ็นพ้อย อุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมรีเลย์เท่านั้นและจะไม่มีความสามารถในการส่งต่อข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ในเครือข่ายซิกบี แต่ความเร็วโดยรวมของมันจะเร็วกว่าตัวมันเองในรูปแบบของเราท์เตอร์เล็กน้อย

รูปที่ 2.39 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเอ็นพ้อย ZR15_ZBMESH

ZADR810ProZR_ZBMESH ตัวที่สองนี้จะได้รับการโปรแกรมที่มีเฟิร์มแวร์เป็นเอ็นพ้อย อุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมรีเลย์เท่านั้นและจะไม่มีความสามารถในการส่งต่อข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ในเครือข่ายซิกบี อุปกรณ์เอ็นพ้อยแต่ละตัวจะชุดคำสั่งที่ต่างกัน ดังนั้นเราจึงส่งคำสั่งที่ต่างจากของZR210 ไปยังอุปกรณ์ตัวนี้

รูปที่ 2.40 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเอ็นพ้อย ZADR810ProZR_ZBMESH

2.8.10 หมายเลข Serial

มีสามวิธีที่เป็นไปได้ในการรับหมายเลข serial จากเครือข่ายซิกบีของคุณ

2.8.10.1 วิธีที่ง่ายที่สุดคือการใช้ซอฟต์แวร์ ProXR ของเราในการสอบถามอุปกรณ์ทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่และให้พวกมันรายงานหมายเลข Serial ของตัวมันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น สงวนสิทธิ์ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และห้ามมิให้นำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.10.2 ผู้ใช้บางคนอาจจะชอบที่จะได้รับหมายเลข serial โดยการบันทึกหมายเลขที่พิมพ์อยู่ด้านล่างของโมดูลไร้สายนี้

2.8.10.3 วิธีที่สามคือการสอบถามโมดูลด้วยตนเอง โดยการพัฒนาซอฟแวร์ของคุณเอง (ซึ่งเป็นวิธีการที่ยากที่สุด)

2.8.11 หาหมายเลข serial ด้วยตนเอง

โมดูลไร้สายสามารถถอดออกจากตัวควบคุมแต่ละตัว โมดูลเหล่านี้ถูกใส่ไว้ในซอกเกต (socket) และสามารถที่จะติดตั้งใหม่ได้ก็ต่อเมื่อไม่มีไฟไหลไปยังตัวควบคุมเท่านั้น คุณจะต้องลบแต่ละโมดูลออกจากแต่ละตัวควบคุมและ จดบันทึกหมายเลขSerial ที่พิมพ์อยู่ด้านหลัง หมายเลขซีเรียล Serial นี้เป็นสิ่งที่เราใช้ระบุอุปกรณ์แต่ละตัวบนเครือข่ายซิกบี และเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการทำตามหัวข้อที่กล่าวถึงในบทความนี้ ตัวควบคุมทุกตัวจะมีหมายเลข Serial แตกต่างกันโดยที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หมายเลข serial ในบทเรียนเหล่านี้จะไม่ทำงานกับอุปกรณ์ที่คุณได้รับจากเรา; ซอฟแวร์จะต้องได้รับการเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อให้ครอบคลุม ถึงหมายเลข Serial ของอุปกรณ์ของคุณด้วย

หมายเหตุ : ดับไฟตัวควบคุมเสมอเมื่อมีการหาหมายเลข Serial แบบกายภาพ

รูปที่ 2.41 หมายเลข Serial ของโมดูลซิกบีแต่ละแบบ

จากรูปที่ 2.41 หมายเลข Serial สำหรับแต่ละโมดูลถูกเน้นด้วยแถบสีชมพู สังเกตได้ว่าหมายเลขนี้แบ่งออกได้เป็นสองส่วน ซึ่งคุณจะต้องใช้มันทั้งสองส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่าลืมว่ามันเป็นไปได้ที่จะสอบถามหมายเลข serial ภายในพื้นที่ทั้งหมดจากเครือข่าย สิ่งนี้ช่วยให้คุณได้หมายเลข serial โดยไม่ต้องถอดโมดูลออกจากตัวควบคุม นี่ถือเป็นเรื่องขั้นสูงและจะได้รับการครอบคลุมในอนาคตต่อไป

โปรดดูที่ส่วนที่เหลือของคู่มือนี้ ซึ่งช่วยคุณในการติดตั้งเครือข่ายซิกบีของคุณเอง นอกจากนี้คุณยังอาจจะต้องดูจาก Quick Start Guides for Base Station และรายละเอียดอุปกรณ์เฉพาะของคุณสำหรับข้อมูลเพิ่มเติม โดยสามารถหาได้จากเว็บไซต์ของเราในหน้า www.controlanything.com

2.9 การออกแบบระบบไฟฟ้า

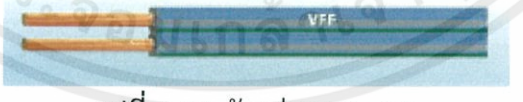
2.9.1 ชนิดของสายหุ้มฉนวน [7]

สายที่นิยมใช้ในงานติดตั้งไฟฟ้าทั่วไป ที่ควรทราบได้แก่สายVAF,VFF,VSF,THW,VCT และสาย NYY

ก. สาย VAF เนื่องจากมีรูปทรงแบนจึงเรียกว่า สายแบนแกนคู่ ภายในประกอบด้วยสายทองแดงจำนวนสองเส้นหุ้ม ด้วยฉนวนพีวีซีสองชั้นหรือ (PVC/PVC) ดังรูปที่ 2.1 เหมาะสำหรับงานเดินสายไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสายเนื่องจากสามารถดัดโค้งงอได้ดี พิกัดแรงดัน 300 โวลท์ อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส มีหลายขนาดเช่น 2 × 5 (มม)^{2}หมายถึง ภายในสาย VAF ประกอบด้วยสายจำนวน 2 เส้น แต่ละเส้นมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 1.5 ตารางมิลลิเมตร เป็นต้น

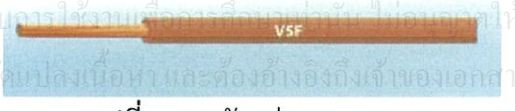
รูปที่ 2.42 ตัวอย่างสาย VAF

ข. สาย VFF ภายในประกอบด้วยสายทองแดงฝอยจำนวนสองแกนหุ้มด้วยฉนวนพีวีซีชั้นเดียว (pvc insulated) ดังรูปที่ 2.2 เหมาะสำหรับงานที่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อย ๆ พิกัดแรงดันและอุณหภูมิใช้งานเหมือนกับสาย VAF



รูปที่ 2.43 ตัวอย่างสาย VFF

ค. สาย VSF ภายในประกอบด้วยสายทองแดงฝอยหุ้มด้วยฉนวนพีวีซีชั้นเดียว จำนวนงานเหมือนกับสาย VAF ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.44 ตัวอย่างสาย VSF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. สาย THW ภายในประกอบด้วยสายทองแดงตันเส้นเดียว หุ้มด้วยฉนวนพีวีซีชั้นเดียวดังรูปที่ 2.4 ใช้สำหรับติดตั้งในท่อร้อยสายพิกัดแรงดัน 750 โวลท์ อุณหภูมิใช้งาน ไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส

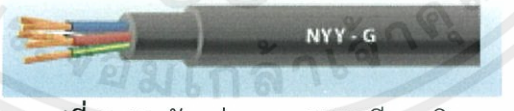
รูปที่ 2.45 ตัวอย่างสายTHW

จ. สาย VCT ภายในประกอบด้วยสายทองแดงฝอยจำนวน 2 แกน หรือมากกว่า หุ้มฉนวนสองชั้น ดังรูปที่ 2.5 ใช้ต่อเข้ากับปลั๊กตัวผู้ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ และอื่น ๆ พิกัดแรงดันและอุณหภูมิใช้งานเหมือนกับสาย THW

รูปที่ 2.46 ตัวอย่างสาย VCT 4 แกน

ฉ. สาย NYY ภายในประกอบด้วยสายทองแดงจำนวนสองแกนหรือมากกว่า หุ้มด้วยฉนวนสามชั้น ดังรูปที่ 2.6 เหมาะสำหรับการเดินสายใต้ดินโดยตรงหรือใช้งานทั่วไป บางชนิดจะมีแผ่นเหล็กเป็นเกราะกำบัง พิกัดแรงดันและอุณหภูมิใช้งานเหมือนกับสาย VCT

รูปที่ 2.47 ตัวอย่างสาย NYY 4 แกน



รูปที่ 2.48 ตัวอย่างสาย NYY มีสายดิน

2.9.2 การใช้งานของสายไฟฟ้า [7]

สายไฟฟ้าที่ผลิตตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 11-2531 ได้กำหนดชนิดของสายไฟฟ้าและลักษณะการติดตั้งไว้ดังตารางที่ 2.3 ขนาดกระแสและรูปแบบการติดตั้ง แสดงดังตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ข้อกำหนดการใช้งานของสายไฟฟ้าที่ผลิตตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิขณะใช้งาน 70 องศาเซลเซียส [7]

สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ตารางที่	แรงดันใช้งาน (V)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
1 (IV)	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน - เดินในท่อหรือช่องเดินสายในสถานที่แห้ง - ห้ามร้อยท่อฝังดิน หรือฝังดินโดยตรง
2 (VAF)	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	สายกลม - เดินลอย - เดินเกาะผนัง - เดินซ่อน(conceal)ในผนัง - เดินในท่อหรือช่องเดินสาย - เดินร้อยท่อ (conduit) ฝังดินได้แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ - ห้ามฝังดินโดยตรง สายแบน - เดินเกาะผนัง - เดินซ่อนในผนัง - ห้ามผังดินโดยตรง - เดินฝังในผนังปูนฉาบ
3 (VVR)	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ห้ามฝังดินโดยตรง
4 (THW)	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- เดินลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน - เดินในท่อหรือช่องเดินสายในสถานที่แห้ง - ห้ามฝังดินโดยตรง - ร้อยท่อฝังดินได้ แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ
5 (VVF)	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	สายกลม - เดินลอย - เดินเกาะผนัง - เดินฝังในผนังปูนฉาบ - เดินซ่อนในผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

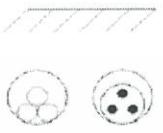
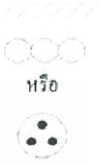
สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ตารางที่	แรงดันใช้งาน (V)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
5 (VVF) (ต่อ)	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	สายกลม(ต่อ) - เดินในท่อหรือช่องเดินสาย - เดินร้อยท่อ ฝังดินได้ แต่ต้องป้องกันไม่ให้น้ำเข้าภายในท่อและป้องกันไม่ให้สายมีโอกาสแช่น้ำ สายแบน - เดินเกาะผนัง - เดินซ่อนในผนัง - ห้ามฝังดินโดยตรง - เดินฝันในผนังปูนฉาบ
6 (NYY)	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ฝังดินโดยตรง
7 (NYY-N)	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ฝังดินโดยตรง
8 (VAF-G)	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- ใช้ต่อเข้าเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้า
10 (VFF)	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- ใช้ต่อเข้าเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้และใช้ต่อเข้าดวงโคม
11 (VAF-G)	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- เดินเกาะผนัง - เดินซ่อนในผนัง - เดินฝังในผนังปูนฉาบ - ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
12 (VVR-G)	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ห้ามฝังดินโดยตรง
13 (VVF-G)	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- เดินเกาะผนัง - เดินซ่อนในผนัง - เดินฝังในผนังปูนฉาบ - ห้ามฝังดินโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2531 ตารางที่	แรงดันใช้งาน (V)	สถานที่ใช้งาน	ลักษณะการติดตั้ง
14 (NYY-G)	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- ใช้งานได้ทั่วไป - ฝังดินโดยตรง
15 (VCT-G)	750	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- ใช้ต่อเข้าเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้า
16 (VFF-G)	300	ใช้ในสถานที่แห้งและสถานที่เปียก	- ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้และต่อเข้าดวงโคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PVC ตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70°C ขนาดแรงดัน 300 V และ 750V อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) และ 30 °C (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ) [8]

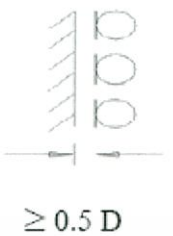
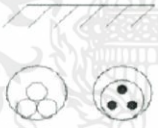
ขนาดสาย (mm^2)	ขนาดกระแส (A)						
	วิธีการเดินสาย (หมายเหตุ 2)						
							
	ก	ข	ค		ง		จ
			ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	14	13	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : (ตารางที่ 2.4)

1. D = เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า
2. ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้งเป็นไปดังนี้

ตารางที่ 2.5 วิธีการเดินสายและติดตั้ง [8]

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ชนิดของตัวนำและวิธีการติดตั้ง
ก		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ
ข		สายแบนหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง
ค		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 เดินในท่อในอากาศ ในท่อฝัง ในผนังปูนฉาบ หรือในท่อในฝ้าเพดาน
ง		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อฝังดิน
จ		สายแกนเดียวหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 การต่อลงดิน [8]

ในระบบไฟฟ้า การต่อลงดินนั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ กราวด์ระบบ(system grounding) และกราวด์ของอุปกรณ์ (equipment grounding) แต่ทั้งสองชนิดก็มีวัตถุประสงค์อย่างเดียวกันคือต้องการให้มีความปลอดภัยในการใช้งานระบบไฟฟ้ามากที่สุด โดยที่กราวด์ของระบบนั้นจะเป็นการต่อลงดินของส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้า เช่น ในระบบจ่ายไฟหรือในระบบการเดินสายภายใน เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น ในหม้อแปลงที่มีการต่อเป็นแบบ Y นั้น จุดเป็นกลาง (neutral) จะถูกต่อลงดิน ในขณะที่กราวด์ของอุปกรณ์นั้นจะเป็นการต่อลงดินของส่วนที่ไม่เกี่ยวกับการนำไฟฟ้า เช่น โครงของอุปกรณ์ โดยอาจจะต่อลงดินมากกว่า 1 จุดก็ได้ และในลักษณะการต่อลงดินของอุปกรณ์นั้น อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีโครงสร้างเป็นโลหะทั้งหมดและไม่เกี่ยวข้องกับการนำกระแสไฟฟ้าในระบบนั้น จะสามารถต่อลงดินได้โดยไม่จำเป็นว่าเป็นการตั้งใจหรือโดยบังเอิญก็ได้ อุปกรณ์เหล่านั้นก็คือ ตัวนำ ทองแดง เปลือกโลหะของสายเคเบิล และบัสเวย์

ตารางที่ 2.6 ขนาดของสายดินอุปกรณ์ไฟฟ้าตามข้อกำหนดของ วสท. [8]

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (ไม่เกิน A)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นตัวนำทองแดง (mm^2)
16	1.5
20	2.5
40	4
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4 การเดินสายตัวนำในช่องเดินสายไฟเดียวกันมากกว่า 3 เส้น [8]

ถ้ามีการเดินสายในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกันมากกว่า 3 เส้น (สายเคเบิลหลายแกนให้ถือว่าจำนวนแกนคือจำนวนเส้น) โดยไม่นับตัวนำสำหรับต่อลงดิน ในการออกแบบ ให้ใช้ตัวคูณเพื่อลดค่าขนาดกระแสของสายที่แสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ตัวคูณลดค่ากระแสในกรณีมีการเดินสายจำนวนหลายเส้นภายในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกัน [8]

จำนวนสาย	ตัวคูณ
4-6	0.82
7-9	0.72
10-20	0.56
21-30	0.48
31-40	0.44
เกิน 40	0.38

2.9.5 จำนวนสายตัวนำสูงสุดที่สามารถร้อยในท่อโดยปกติ [8]

การเดินสายเข้าไปในท่อนั้น จำนวนสูงสุดของสายตัวนำหรือสายไฟที่จะอยู่ได้ในท่อโดยปกติถ้าสายที่ร้อยเข้าไปในท่อมีกระแสค่าสูงสุดไหลผ่านตัวมันเอง จะเกิดความร้อนขึ้นบนตัวนำและที่ฉนวนที่หุ้มตัวนำของสายที่ร้อยนั้น และถ้าสายทุกเส้นที่ร้อยในท่อเดียวกันนั้นมีกระแสไหลผ่านสายทุกเส้น ก็จะทำให้เกิดความร้อนที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสายได้ ดังนั้นจึงต้องมีช่องว่างในท่อสายหลงเหลืออยู่บ้าง เพื่อให้สายตัวนำสามารถขยายตัวได้เมื่อได้รับความร้อน และจะได้มีช่องว่างที่เป็นอากาศหลงเหลืออยู่เพื่อระบายความร้อนในท่อด้วย และอีกประการหนึ่งก็เพื่อความสะดวกในการร้อยท่อ ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดตารางแสดงจำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าที่ร้อยในท่อร้อยสายเอาไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนแกนเดียว (THW) ที่มีขนาดเท่ากันทุกเส้น [8]

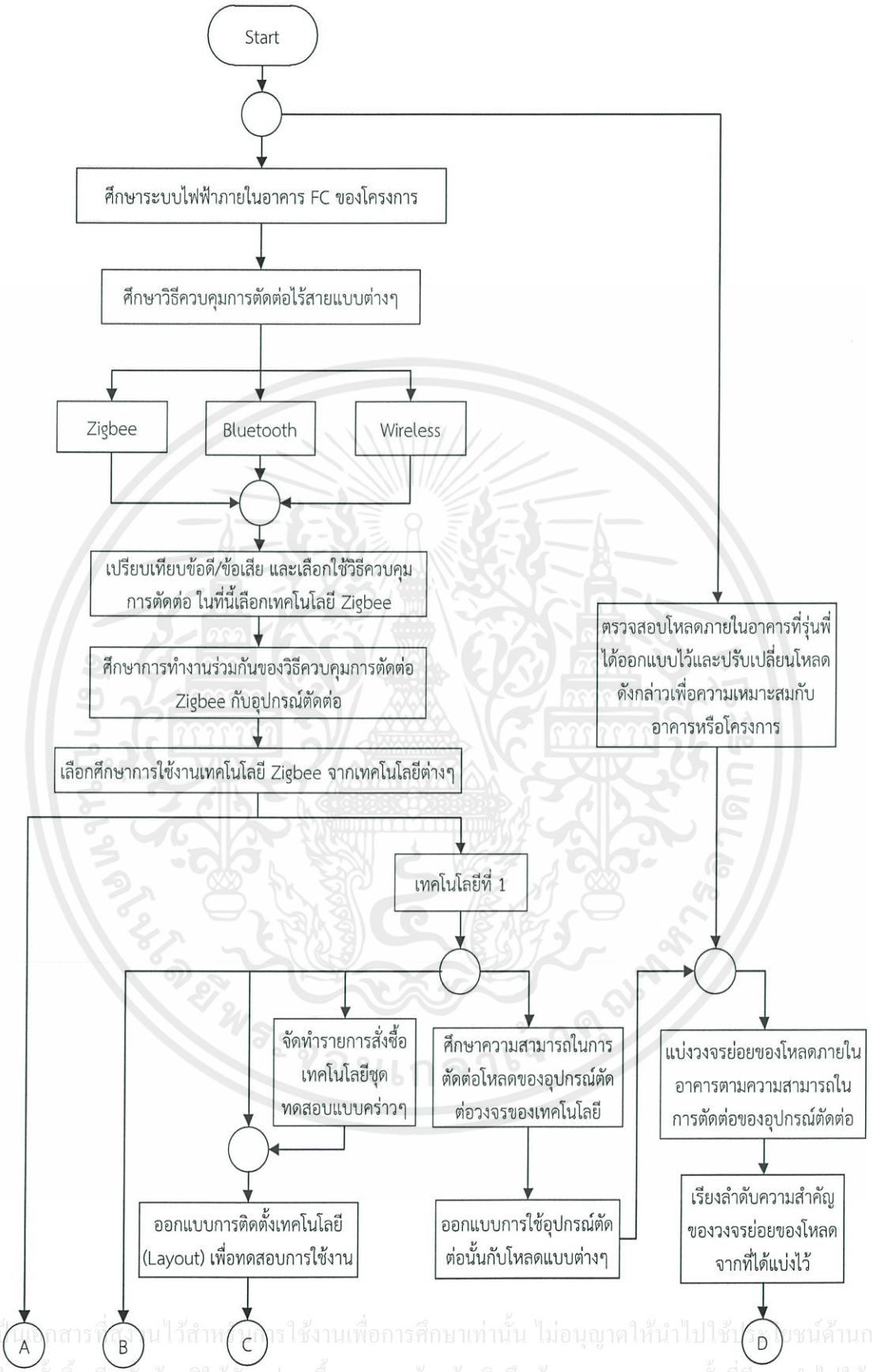
ขนาดสาย sq.mm	จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
1	7	13	20	33	-	-
1.5	6	11	17	28	44	-
2.5	4	8	13	22	34	-
4	3	5	9	15	23	36
6	2	4	7	12	19	29
10	1	3	4	7	12	19
16	1	1	3	5	9	14
25	1	1	1	3	5	9
35	-	1	1	3	4	7
50	-	-	1	1	3	5
70	-	-	1	1	2	4
95	-	-	1	1	1	3
120	-	-	-	1	1	2
150	-	-	-	1	1	1
185	-	-	-	-	1	1
240	-	-	-	-	1	1
300	-	-	-	-	-	1
400	-	-	-	-	-	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบระบบตัดต่อทางไฟฟ้า

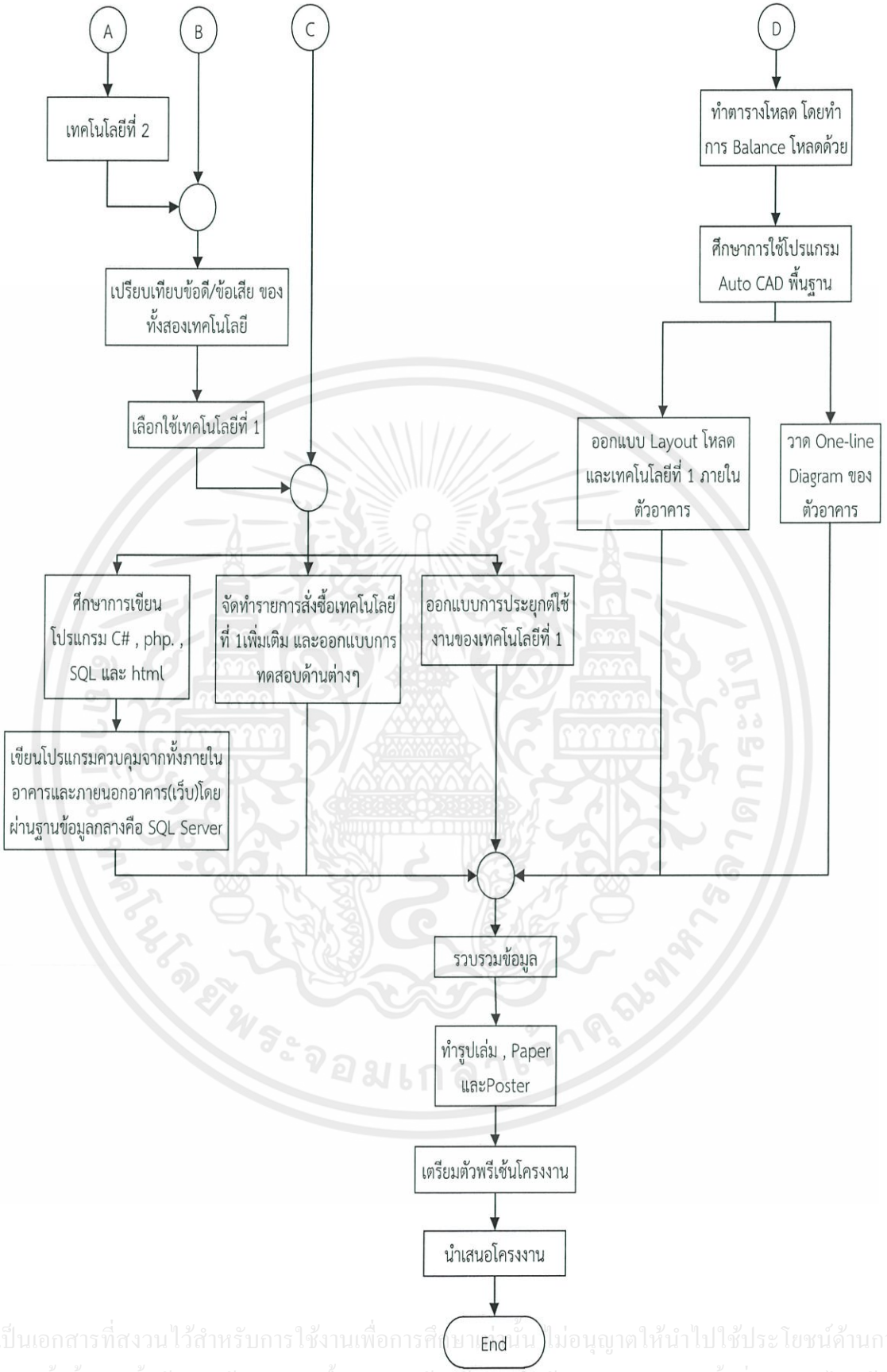
ในบทนี้ จะมีการเลือกใช้วิธีควบคุมการตัดต่อที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต หรือ Future Center จากนั้นเป็นการเลือกเทคโนโลยีที่มีการใช้วิธีควบคุมการตัดต่อดังกล่าวที่เหมาะสมกับโครงการมากที่สุด และจัดทำรายการเทคโนโลยีชุดทดสอบและออกแบบการทดสอบสำหรับเทคโนโลยีนั้นก่อนที่จะนำไปติดตั้งจริงภายในอาคาร รวมถึงการออกแบบรูปแบบการประยุกต์ใช้งาน นอกจากนี้ยังมีการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารและการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการตัดต่อไฟฟ้าภายในอาคารทั้งจากภายในอาคารและภายนอกอาคารดังในบทถัดๆไป โดยมีภาพรวมของการดำเนินงานของการทำโครงงานทั้งหมดเป็นไปตาม Flow Chart ในรูปที่ 3.1 และ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงาน (Flow Chart) เทอม 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงาน (Flow Chart) เทอม 2

3.1 การเลือกวิธีควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้าแบบไร้สาย

จากข้อมูลทั้งหมดของวิธีควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้าแบบไร้สายทุกวิธี วิธี IEEE 802.15.4 หรือวิธี Zigbee เป็นวิธีควบคุมการตัดต่อไร้สายที่เหมาะสมกับโครงการ Future Center มากที่สุด สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติบางส่วนได้ดังนี้

- ด้านการรับส่งข้อมูล : เนื่องจากใช้ในเรื่องของการส่งข้อมูลที่เป็น Logic 0 หรือ 1 ในการสั่งควบคุมอุปกรณ์ตัดต่อเท่านั้น จึงไม่จำเป็นต้องมีอัตราการรับส่งข้อมูลที่สูงมาก วิธี Zigbee จึงถือว่าไม่มีปัญหาในการที่จะนำมาใช้งานในการควบคุมการตัดต่อในโครงการนี้
- ด้านระยะการรับ/ส่งข้อมูล : แม้ว่าระยะทางการรับส่งข้อมูลจะน้อยกว่าวิธีอื่น แต่ Zigbee เองมีวิธีการเชื่อมต่อเป็นโครงข่ายแบบ Mesh ซึ่งช่วยให้สามารถขยายระยะการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นได้ แต่เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลนั้นก็จะมากขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน
- ด้านการใช้กับระบบขนาดใหญ่ : จะเห็นได้ว่าวิธี Zigbee เป็นวิธีที่ดีที่สุด เพราะวิธีการเชื่อมต่อโครงข่ายแบบ Mesh นั่นเอง เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับขนาดของโครงการ Future Center แล้ว ซึ่งถือว่าเป็นระบบขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำเอาวิธี Zigbee นี้มาใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถรองรับการขยายของระบบได้อีกด้วย
- ด้านการประหยัดพลังงานและราคา : ถือว่าเป็นข้อที่ต้องคำนึงถึงเช่นกัน เพราะในการตัดต่ออุปกรณ์ภายในระบบ หากต้องการประสิทธิภาพที่มากขึ้น ก็จะต้องมีตัวควบคุมที่มากและครอบคลุม เมื่อจำนวนของอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ตัดต่อมีมาก ความประหยัดพลังงานจึงถือเป็นเรื่องที่จำเป็น เพื่อลดในส่วนของต้นทุนให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ การใช้วิธี Zigbee จึงถือเป็นการควบคุมการตัดต่อแบบไร้สายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโครงการนี้

วิธีบลูทูธพลังงานต่ำ ถึงแม้ว่าจะมีข้อดีมากกว่าวิธี Zigbee อยู่หลายด้าน แต่ก็มีข้อจำกัดที่สำคัญ ข้อจำกัดนั้นเป็นข้อจำกัดเดียวกันกับวิธีบลูทูธดั้งเดิม คือ มีจำนวนโหนดที่น้อย จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในโครงการ เพราะภายในโครงการ มีความต้องการใช้อุปกรณ์ควบคุมการตัดต่อหรือโหนดจำนวนมาก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพจากการตัดต่อนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเทคโนโลยีต่างๆ

เมื่อเลือกใช้วิธีในการควบคุมการตัดต่อได้แล้ว ต่อไปจึงเป็นการศึกษาในส่วนของการทำงานร่วมกันระหว่างวิธีควบคุมการตัดต่อ ซึ่งในที่นี้คือ วิธี Zigbee กับอุปกรณ์ตัดต่อ ที่อาจจะเป็นแมกเนติกคอนแทกเตอร์ รีเลย์ หรืออื่นๆ ทำให้ทราบว่า Zigbee เป็นเพียง module ที่ทำหน้าที่ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างกันเท่านั้น ในการนำวิธีนี้มาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ตัดต่อวงจรจึงต้องมีการใช้งาน microcontroller เป็นตัวสื่อสารระหว่าง Module Zigbee และอุปกรณ์ตัดต่อ แต่เมื่อพิจารณาถึงเวลาที่ต้องใช้ในการศึกษา firmware ของ Zigbee เพื่อที่จะนำไปเขียน code ลง microcontroller ในการควบคุมอุปกรณ์ตัดต่อแล้ว คณะผู้จัดทำจึงตัดสินใจที่จะเทคโนโลยีที่มีการใช้วิธี Zigbee ในการควบคุมการตัดต่อวงจรที่มีขายอยู่ใน Internet แทนการสร้างชิ้นงานที่ใช้ควบคุมการตัดต่อแบบไร้สายขึ้นมาเอง

ในหัวข้อนี้ จะแสดงถึงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีที่หามาได้จาก Internet โดยเป็นเทคโนโลยีชั้นนำจาก 2 ทวีป คือ เทคโนโลยีที่ 1 จากอเมริกา(ทวีปอเมริกา) และเทคโนโลยีที่ 2 จากไต้หวัน(ทวีปเอเชีย) เพื่อใช้ตัดสินใจในการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสำหรับโครงการมากที่สุด

ตารางที่ 3.1 ตารางเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ 1 กับเทคโนโลยีที่ 2

หัวข้อเปรียบเทียบ	เทคโนโลยีที่ 1	เทคโนโลยีที่ 2
1.การติดตั้ง	การติดตั้งอาจจะต้องมีการแก้ไขอาคารหรือเดินสายไฟใหม่	สามารถได้ติดตั้งได้เลยโดยไม่ต้องมีการแก้ไขอาคารหรือเดินสายใหม่
2.แหล่งจ่าย (Power Supply) ของผลิตภัณฑ์	ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง12 V_{dc} ดังนั้นอาจทำได้ทั้งการเดินสายไฟตรง 12 V_{dc} คู่กับสาย power ตลอดตัวอาคาร หรือ ใช้ Adapter ที่ปลายทาง แปลงจากไฟ 220 V_{ac} เป็น 12 V_{dc} เลย แต่ถ้าใช้วิธีนี้ ผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นก็จำเป็นต้องมี Adapter	ใช้ถ่านเป็นแบตเตอรี่ มีทั้งเป็นถ่านเฉพาะชนิด ถ่าน AA ถ่าน AAA บางชนิดใช้แหล่งจ่าย12 V_{dc} หรือ USB
3.ลักษณะของอุปกรณ์ปลายทาง (หลอดไฟ,เต้ารับ,อื่นๆ)	ใช้หลอดไฟและเต้ารับทั่วไปได้เลย	ต้องใช้หลอดไฟของทางเทคโนโลยีส่วนเต้ารับก็ต้องติดเทคโนโลยีเพิ่มที่เต้าเสียบจุดที่เราต้องการจะควบคุมโหลด โดยมีหลักการผลิตที่ให้ Zigbee อยู่ภายในอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อเปรียบเทียบ	เทคโนโลยีที่ 1	เทคโนโลยีที่ 2
4. ลักษณะผลิตภัณฑ์และการใช้งาน	ชนิดของผลิตภัณฑ์น้อยกว่า แต่ก็ครอบคลุมการนำไปประยุกต์ใช้ที่หลากหลายได้ง่ายกว่า	เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป มีหลากหลายชนิดทำให้รองรับการใช้งานที่หลากหลายได้ง่าย แต่หากจะดัดแปลงหรือประยุกต์ใช้ในงานอื่นนอกเหนือจากที่ผลิตภัณฑ์รองรับอาจทำได้ยาก
5. ลักษณะการทำงาน	ผลิตภัณฑ์เป็นแบบที่มีทั้ง sensor และอุปกรณ์ตัดต่อในตัว การทำงานจึงไม่จำเป็นต้องรอส่งข้อมูลเข้าศูนย์กลาง อาจทำงานได้เลยโดยการเซตค่าเอาไว้ เรียกง่ายๆได้ว่าเป็นแบบ standalone	จากการที่แต่ละชิ้นจะมีหน้าที่เพียงหนึ่งเท่านั้น เช่น บางชิ้นทำหน้าที่เป็น sensor บางชิ้นทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เป็นต้น จึงทำให้การทำงานเป็นแบบที่ต้องส่งข้อมูลที่ได้เข้าศูนย์กลางการตัดสินใจก่อนแล้วจึงสั่งงานตัดต่อไปที่อุปกรณ์ปลายทาง
6. การประยุกต์ใช้งานหรือการพัฒนาต่อยอด	สามารถพัฒนาทางด้านซอฟแวร์ได้เช่นกัน และยังสามารถพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์ได้อีกด้วย เนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์เป็นแบบที่ให้ใช้ประยุกต์กับงานได้หลายแบบ	สามารถพัฒนาทางด้านซอฟแวร์ได้แต่ทางด้านฮาร์ดแวร์หรือตัวผลิตภัณฑ์เองอาจทำได้ยาก เพราะมีการออกแบบมาให้ทำงานในลักษณะที่เฉพาะเจาะจงแล้ว
7. การรับประกัน	30-60 วัน	1 ปี
8. ราคา	ราคาประมาณ 60000 บาท (จากตารางที่ 3.4)	ไม่ทราบแน่นอน(สอบถามไปแล้วแต่ทางเทคโนโลยียังไม่ตอบกลับมา) แต่อาจจะแพงกว่าจากการที่อุปกรณ์ปลายทาง (หลอดไฟ,เต้ารับ) ต้องเป็นของทางเทคโนโลยีซึ่งปริมาณการใช้ในอาคารมีจำนวนมาก

ตารางที่ 3.2 ตารางการเปรียบเทียบทางด้าน Software และการพัฒนา Software

เทคโนโลยีที่ 1	เทคโนโลยีที่ 2
พัฒนาด้วยภาษา C#,VB	พัฒนาด้วยภาษา C++
มี Library File (DLL) ให้	

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.1 และ 3.2 เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมสำหรับโครงการ Future Center จากข้อเปรียบเทียบทั้งหมด ทำให้คณะผู้จัดทำตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่ 1 ด้วยเหตุผลหลักๆ คือ โครงการนี้เป็นโครงการที่มีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ การใช้เทคโนโลยีที่ 2 จึงอาจจะต้องใช้ทุนที่มากกว่ามากจากจำนวนอุปกรณ์ปลายทางหรือโหลดที่มีจำนวนมาก และด้วยเหตุผลที่ว่า คณะผู้จัดทำศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ จึงมีความรู้ แนวคิด และแนวทางพื้นฐาน พอที่จะสามารถประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีที่ 1 ให้หลากหลายได้ คณะผู้จัดทำจึงเลือกที่จะใช้เทคโนโลยีที่ 1 ที่ซึ่งได้เลือกศึกษาสำหรับการใช้งานวิธีควบคุมการตัดต่อแบบไร้สาย Zigbee มาตั้งแต่เริ่มแรก ถึงแม้ว่าการใช้เทคโนโลยีที่ 1 จะต้องมีการเดินสายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V_{dc} คู่กับสาย Power หรือใช้ Adapter สำหรับทุกตัว ตลอดตัวอาคารก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การจัดทำรายการเทคโนโลยีชุดทดสอบ

หลังจากที่สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่ 1 ได้แล้ว หลังจากนี้จะเรียกเทคโนโลยีที่ 1 เป็น “เทคโนโลยี” ในหัวข้อนี้ จะเป็นการจัดทำรายการเทคโนโลยีที่จะสั่งซื้อเพื่อเป็นเทคโนโลยี ชุดที่จะนำไปทำการทดสอบต่างๆดังการออกแบบการทดสอบในหัวข้อที่ 3.5 ก่อนที่จะสั่งเทคโนโลยี ชุดที่จะนำไปติดตั้งจริงในอาคาร Future Center สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทตามชนิดการใช้งาน คือ

- Relay หรือ วงจรตัดต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า จะสามารถทำการตัดต่อวงจร หรือ On/Off อุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยทำการต่อหน้าสัมผัสของ Relay บนบอร์ด อนุกรม กับ สาย Power ของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ
- วงจรหรี่ไฟ หรือ Dimmer เป็นวงจรที่สามารถลดความเข้มของการส่องสว่างของหลอดไฟได้
- วงจร Reactor หรือวงจร Sensor จะเป็นบอร์ดที่มีการรับ Input เข้าเป็น Analog input รับ Input ไม่เกิน 5 Volt จากหัว Sensor และยังมี Relay ที่เป็นตัวตัดต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าได้อีกด้วย
- วงจร Timer หรือ Relay แบบตั้งเวลา เป็นวงจรที่มีฟังก์ชันพิเศษ สามารถตั้งเวลาในการตัดต่อหรือ On/Off อุปกรณ์ไฟฟ้าให้กับ Relay ที่อยู่บนบอร์ดได้ โดยใช้คู่กับโปรแกรมสำเร็จรูปของทางเทคโนโลยี หรือถ้าหากเขียนโปรแกรมเองก็สามารถทำได้โดยใช้ Library Code ที่ทางเทคโนโลยีเปิดให้โหลดได้ฟรีทางเว็บไซต์ของทางเทคโนโลยี

การเลือกเทคโนโลยีชุดทดสอบนั้น ควรเลือกให้มีจำนวนที่น้อยที่สุด แต่ครอบคลุมรูปแบบทั้งหมดของเทคโนโลยี เพื่อที่จะสามารถทดสอบถึงฟังก์ชันการทำงานที่เทคโนโลยีได้จัดไว้ให้ทุกฟังก์ชัน ในราคาที่ย่อมเยา รายการเทคโนโลยีชุดทดสอบที่มีเกณฑ์การเลือกดังกล่าว เป็นไปดังตารางที่ 3.3 และแสดงราคาในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 ตารางอุปกรณ์และหน้าที่ อุปกรณ์เสริม

No.	Product Code	Name	Option	Objective
1	XBP24-AUI-EXT_ZIGMO	802.15.4 Modem 300' Range External Antenna	USB 802.15.4 Modem 100mw Long Range External Antenna + USB Cable/Enclosure	Coordinator
2	R25PL_ZBMESH	ZigBee Relay	ProXR Lite Relay 2-Channel 5-Amp SPDT with ZB ZigBee Interface	Router
3	ZR210_ZBMESH	ZR210_ZBMESH ZB ZigBee Networking Relay	2-Channel 10-Amp SPDT ZB ZigBee Relay Controller	Router
4	ZR210_ZBMESH	ZR210_ZBMESH ZB ZigBee Networking Relay	2-Channel 10-Amp SPDT ZB ZigBee Relay Controller	Endpoint /Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Product Code	Name	Option	Objective
5	R810PL_ZBMESH	ZigBee Relay	ProXR Lite Relay 8-Channel 10-Amp SPDT with ZB ZigBee Interface	Endpoint /Temp Sensor
6	TLR210_ZBMESH	TLR210_ZBMESH Taralist Time Controlled Relay	Time Activated Relay 2-Channel 10-Amp SPDT with ZB ZigBee Interface	Endpoint /Timer
7	LRR210_ZBMESH	LRR210_ZBMESH Reactor Relay	Reactor Relay 2-Channel 10-Amp SPDT + 8-Channel 8-Bit A/D with ZB ZigBee Interface	Endpoint /Temp Sensor
8	P04C1-100_ZIGBEE	ZigBee Light Dimmer	AC Light Dimmer 400W 4-Channel x 100W 120VAC 60Hz Single Circuit with a ZigBee Interface	Endpoint /Dimmer
9		Two Induction Suppression Capacitors	Induction Suppression Capacitor	absorb the high voltages generated
10	PDV-P8001	PDV-P8001 Light Sensor	Photocell Light Sensor 3K-11K OHM 5.10MM	Sensor
11	CKN6004	CKN6004 Magnetic Switch	Magnetic Detection Switch SPST Panel Mount with Magnet	Sensor
12	317-1406	317-1406 Temperature Sensor	Temperature Sensor Thermistor 10K OHM 1% W/G410	Sensor
13		Power Supply	100-240VAC to 12VDC 1.5A 50/60Hz International Computer Grade Regulated Power Supply with 4 Adapters	Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ตารางราคาอุปกรณ์และอุปกรณ์เสริม

No.	Product Code	Accessory	$/Accessory	$/unit
1	XBP24-AUI-EXT_ZIGMO	-	0	138
2	R25PL_ZBMESH	Xbee PRO with chip antenna / wire antenna	35	93
3	ZR210_ZBMESH	Xbee PRO with chip antenna / wire antenna	35	103
4	ZR210_ZBMESH	-	0	103
5	R810PL_ZBMESH	-	0	183
6	TLR210_ZBMESH	-	0	203
7	LRR210_ZBMESH	Xbee PRO with chip antenna / wire antenna	35	128
8	P04C1-100_ZIGBEE	-	0	299
9	No Code (Name : Two Induction Suppression Capacitors)	-	0	9.78
10	PDV-P8001	-	0	1.5
11	CKN6004	-	0	11.99
12	317-1406	-	0	13.24
13	No Code (Name : Power Supply)	-	0	36
Total				1428

หมายเหตุ: 1. จัดสั่งซื้อรายการละ 1 ตัว

3. US Dollar = 32 Baht

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การติดตั้งรีเลย์และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ในโหลดที่แตกต่างกัน

จากที่ทราบในหัวข้อก่อนหน้าแล้วว่า อุปกรณ์ตัดต่อของเทคโนโลยี คือ Relay ในหัวข้อนี้ จะเป็นการออกแบบการใช้งานหน้าสัมผัสของ Relay โดยแสดงการต่อหน้าสัมผัสของรีเลย์และแมกเนติกคอนแทกเตอร์กับโหลด โดยจะมีการต่อวงจรที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการนำไปใช้กับโหลดประเภทใด

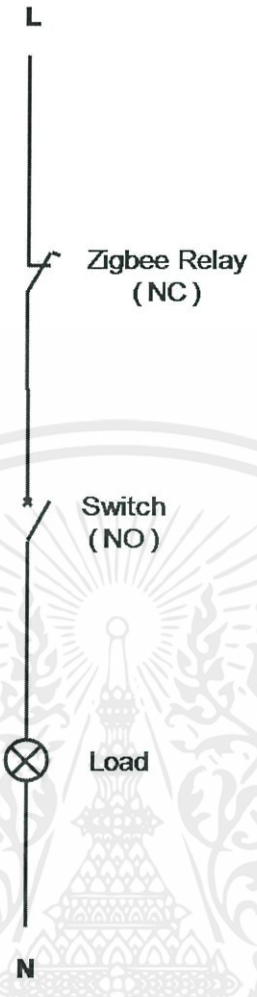
●Contacts

Item / Load	Resistive load	Inductive lead (cosϕ = 0.4)
Contact type	Single	
Contact material	Ag-alloy (Cd free)	
Rated load	10 A at 120 VAC; 8 A at 30 VDC	5 A at 120 VAC; 4 A at 30 VDC
Rated carry current	10 A	
Max. switching voltage	250 VAC, 125 VDC (30 VDC when UL/CSA standard is applied)	
Max. switching current	10 A	5 A

รูปที่ 3.3 Datasheet ส่วนหน้าสัมผัสของ Relay ของเทคโนโลยี

รูปที่ 3.3 เป็นส่วนหนึ่งของ Datasheet ของ Relay ที่มากับบอร์ด หรือเทคโนโลยี โดยมี Datasheet ฉบับเต็มอยู่ในภาคผนวก ก จากรูปดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ถึงแม้จะมีพิกัดการใช้งานที่ 120 Volt กระแสสลับ แต่สามารถนำมาใช้สำหรับไฟของประเทศไทยได้ เพราะสามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้ถึง 250 Volt กระแสสลับ แต่ความทนกระแสของหน้าสัมผัส Relay เองก็จะลดลงไปครึ่งหนึ่ง เป็นไปตามหลักของ Constant Power นั่นเอง เช่นเดียวกัน เมื่อโหลดเป็นโหลด L ค่าความทนกระแสของหน้าสัมผัส Relay ก็จะลดลงไปครึ่งหนึ่ง สำหรับ Relay Single-Pole 10A ที่ได้ยก Datasheet ดังรูปมาเป็นตัวอย่างนี้ เมื่อเป็นโหลด L ที่มีค่า pf. = 0.4 แล้ว การทนกระแสของหน้าสัมผัสก็จะเหลือเพียง 5 A และเมื่อนำมาใช้ในประเทศไทยซึ่งเป็นไฟ 240 volt กระแสสลับแล้ว การทนกระแสก็จะลดลงไปอีก อาจจะเหลือเพียง 2.5 A ก็เป็นได้ ซึ่งอาจจะต้องมีการทดสอบในส่วนนี้ด้วย จากการที่การทนกระแสของหน้าสัมผัส Relay ทนได้เพียง 1 ใน 4 ส่วน (ทนได้เหลือเพียง 2.5 จาก 10) นี้เอง ทำให้ทราบว่า โหลดที่กินกระแสต่างกัน จะต้องมีการต่อวงจรที่ต่างกันด้วย จึงต้องมีการออกแบบมาเพื่อให้รองรับสำหรับโหลดในรูปแบบต่างๆ แบ่งได้เป็น โหลดเบาที่ไม่จำเป็น โหลดเบาที่จำเป็น และโหลดหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

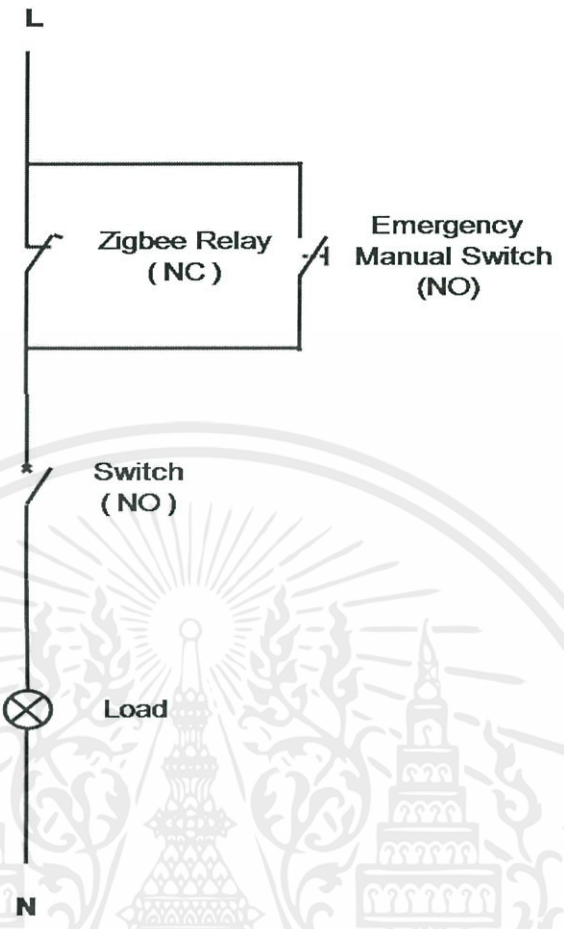


รูปที่ 3.4 การต่อรีเลย์กับโหลดเบา

โหลดเบาดังกล่าวนี้หมายถึงโหลด R ทั่วไป ที่กินกระแสไม่มาก ไม่เกินครึ่งหนึ่งของพิกัดการทนกระแสของหน้าสัมผัส Relay บนเทคโนโลยี เพราะว่าใช้ในเมืองไทยนั่นเอง(220 Volt) หรือโหลดเบาในที่นี้อาจจะหมายถึงโหลด L ที่กินกระแสไม่เกินหนึ่งในสี่ของพิกัดการทนกระแสของหน้าสัมผัส Relay บนเทคโนโลยี จากการที่ใช้ในเมืองไทย และโหลดแบบ L นั่นเอง

การออกแบบสำหรับโหลดเบาแบบทั่วไปนี้เป็นการต่อกันแบบอนุกรมของสวิตช์และหน้าสัมผัสของ Relay ดังรูปที่ 3.4 ดังนั้นเมื่อทำการเปิดหน้าสัมผัสตัวใดตัวหนึ่ง อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือโหลดเบาทั่วไปนี้ก็จะถูก Off ทันที จึงสามารถทำการ Off โหลดได้ทั้งจากห้อง Control และ Manual แต่หากต้องการ On โหลดแล้ว ก็จะต้องปิดหน้าสัมผัสทั้งสองตัว หากตัวใดตัวหนึ่งหน้าสัมผัสเปิดอยู่ก็จะไม่สามารถสั่ง On โหลดได้ ถ้าต้องการ On โหลด อาจจะต้องสั่งทั้งจากห้อง Control และต้องทำการเปิดด้วยตนเองด้วย (Manual) เหมาะสำหรับใช้กับโหลดส่วนกลาง

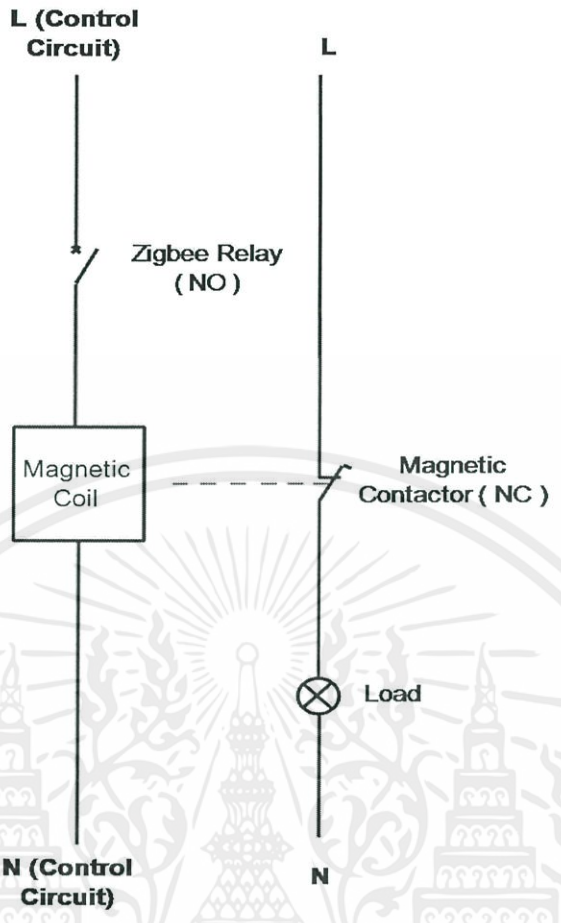
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การต่อรีเลย์และสวิตช์ฉุกเฉินกับโหลดเบาที่จำเป็น

โหลดเบาก็เป็นดังเช่นเดียวกันกับกรณีที่แล้ว สิ่งที่แตกต่างกันคือการออกแบบสำหรับโหลดเบาแบบสำคัญนี้เป็นการต่อกันแบบอนุกรมของสวิตช์และหน้าสัมผัสของ Relay เช่นเดียวกันกับกรณีโหลดเบาแบบทั่วไป แต่โหลดเบาแบบสำคัญนี้จะมีสวิตช์ Emergency Manual Switch (EMS) ทำหน้าที่ by pass หน้าสัมผัสของ Relay ของเทคโนโลยี จากการขนานกับหน้าสัมผัสของ Relay นั่นเอง เป็นไปดังรูปที่ 3.5 สวิตช์ EMS นี้ จะอยู่บริเวณเดียวกับสวิตช์เปิดปิดโหลดนั้น ในกรณีที่ต้องการ Off โหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าปลายทางจะสามารถทำได้โดยเปิดหน้าสัมผัสของ Relay หรือ Switch เปิดปิดโหลด ตัวใดตัวหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถทำการ Off โหลดได้ทั้งจากห้อง Control และ Manual เช่นเดียวกับในกรณีโหลดเบาทั่วไป แต่ในกรณีที่ต้องการ On โหลด จะต่างกัน การสั่งงานจาก Off เป็น On ในกรณีที่หน้าสัมผัสของอุปกรณ์ทั้งสองถูกเปิดออก ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องสั่งจากห้อง Control ด้วยก็ได้ สามารถสั่งด้วย Manual จากพื้นที่นั้นได้เลย โดยทำการปิดหน้าสัมผัสของ EMS และปิดหน้าสัมผัสของ Switch เปิดปิดโหลด เพียงเท่านี้ก็จะสามารถสั่ง On โหลดได้เลย แต่ควรจะเป็นการสั่ง On เพียงช่วงหนึ่ง เมื่อใช้งานเสร็จควรเปิดหน้าสัมผัสของ EMS เพราะว่าจะทำให้สามารถสั่ง Off จากห้อง Control ได้ เหมาะกับโหลดหลอดไฟที่สำคัญ โหลดเต้ารับที่ใช้เพียงช่วงเวลาหนึ่ง หรือ โหลดฉุกเฉินอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การต่อซิกบี รีเลย์และแมกเนติกคอนแทกเตอร์กับโหลดหนัก

โหลดหนักดังกล่าว อาจหมายถึงโหลด R ทั่วไป ที่กินกระแสมาก เกินครึ่งหนึ่งของพิกัดการทนกระแสของหน้าสัมผัส Relay บนเทคโนโลยี (เพราะว่าใช้ในเมืองไทย หากใช้งานเกินครึ่งพิกัดก็เหมือนการใช้งานเกินพิกัดนั่นเอง) หรือโหลดหนักในที่นี้อาจจะหมายถึงโหลด L ที่กินกระแสเกินหนึ่งในสี่ของพิกัดการทนกระแสของหน้าสัมผัส Relay บนเทคโนโลยี (ด้วยเหตุผลที่ใช้ในเมืองไทย และจากการที่เป็นโหลด L ทำให้การกินกระแสที่เกินหนึ่งในสี่ของที่พิกัดเปรียบเสมือนการกินกระแสที่เกินพิกัดนั่นเอง)

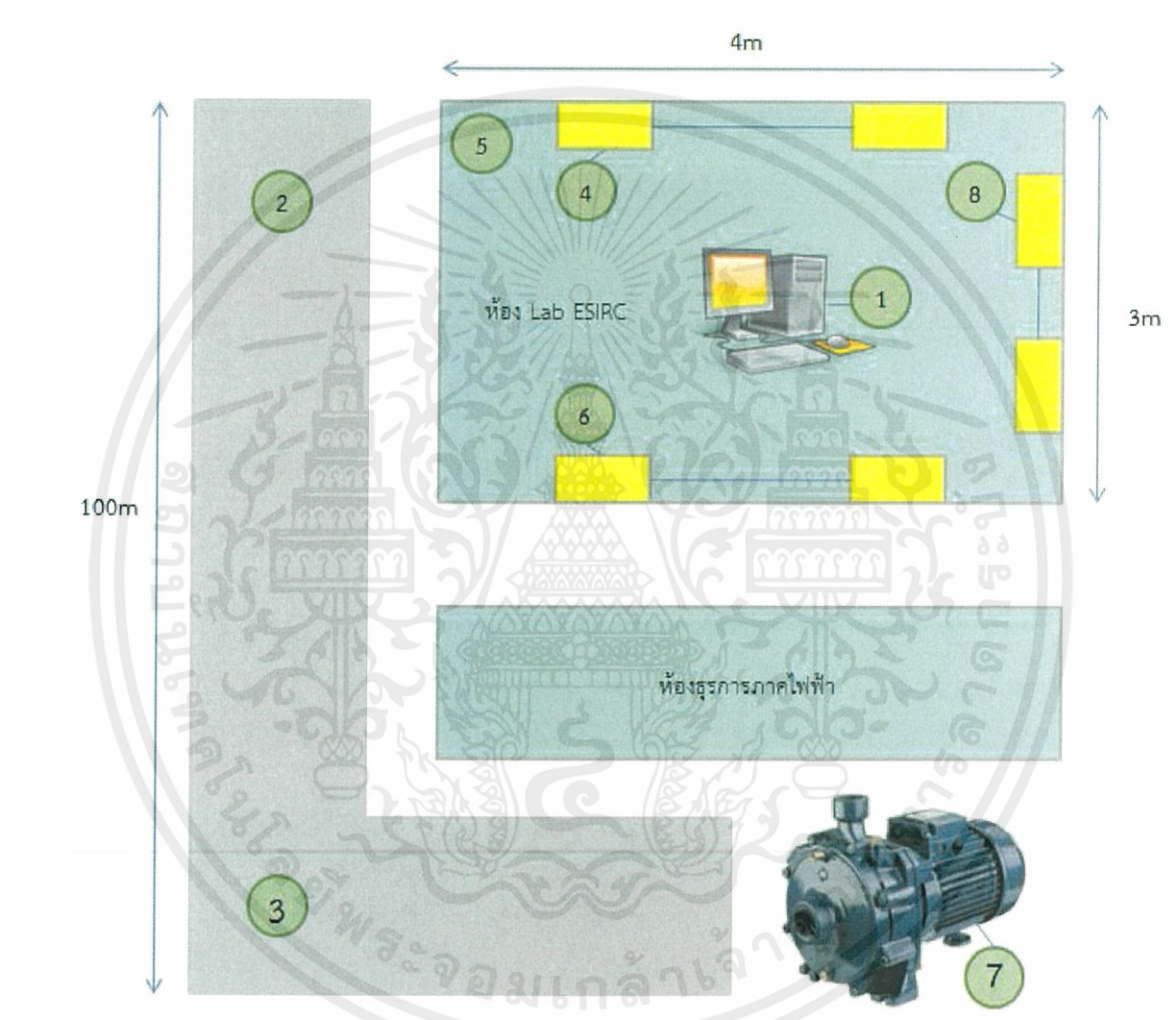
การออกแบบจากรูปที่ 3.6 จะเห็นได้ว่าหน้าสัมผัสของ Relay จะอยู่ในวงจร Control ของ Magnetic Contactor โดย Relay จะเป็นตัวควบคุมว่ากระแสจะเข้า Magnetic Coil หรือไม่ หากหน้าสัมผัส Relay ปิด ไฟก็จะไหลเข้า Magnetic Contactor ทำให้หน้าสัมผัสของ Magnetic Contactor เปลี่ยนจาก NC เป็นเปิดวงจรออก โหลดก็จะถูกเปลี่ยนจาก On เป็น Off กลับกัน หากหน้าสัมผัส Relay เปิดออก หน้าสัมผัส Magnetic Contactor ก็จะปิดลง โหลดก็จะ On ตามเดิม ที่ต้องทำแบบนี้เนื่องจาก หน้าสัมผัสของ Magnetic Contactor สามารถทนกระแสได้มากกว่าหน้าสัมผัสของ Relay จึงออกแบบมาเพื่อรองรับการกินกระแสของโหลดที่มาก หรือโหลดที่ไม่สามารถควบคุมปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ เช่น โหลดเต้ารับ เป็นต้น

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ... การค้า

3.5 การออกแบบการจัดวางและการทดสอบเทคโนโลยีชุดทดสอบ

ในหัวข้อนี้จะเป็นการนำเทคโนโลยีชุดทดสอบที่ได้จัดทำรายการสั่งซื้อไว้ในหัวข้อที่ 3.3 มาออกแบบการจัดวางหรือติดตั้งเข้ากับระบบไฟฟ้าจริงในหัวข้อที่ 3.5.1 เพื่อทำการทดสอบตามการทดสอบที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 3.5.2

3.5.1 การออกแบบการจัดวาง (Layout) เทคโนโลยีชุดทดสอบ



รูปที่ 3.7 การจัดวางและติดตั้งเทคโนโลยี

มีการออกแบบการจัดวางเทคโนโลยีชุดทดสอบที่ห้องแล็บ ESIRC และบริเวณทางเดินชั้น 1 ของตึก ECC เพื่อใช้ในการทดสอบเทคโนโลยีก่อนจะนำไปติดตั้งที่อาคารของโครงการ Future Center โดยมีการทดลองการตัดต่อวงจรต่างๆที่ติดตั้งเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ หลอดไฟ เต้ารับและปั๊มน้ำ ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ตามหมายเลขที่จัดวางไว้ในรูปที่ 3.7

1. XBP24-AUI -EXT_ZIGMO ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวโคออดิเนเตอร์ใช้เชื่อมต่อกับตัวคอมพิวเตอร์ในการรับส่งข้อมูล
2. R25PL_ZBMESHทำหน้าที่เป็นตัวเราท์เตอร์ใช้เป็นสะพานในการรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเราท์เตอร์อีกตัว
3. ZR210_ZBMESHทำหน้าที่ตัวเราท์เตอร์ใช้เป็นสะพานในการรับส่งข้อมูลจากเราเตอร์ตัวหนึ่งไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า (ปั้มน้ำ)
4. ZR210_ZBMESHทำหน้าที่เป็นเอ็นพ้อยเชื่อมต่อกับวงจรหลอดไฟ
5. R810PL_ZBMESHทำหน้าที่เป็นเอ็นพ้อยเชื่อมต่อกับวงจรเต้ารับ
6. TLR210_ZBMESHทำหน้าที่เป็นเอ็นพ้อยเชื่อมต่อกับวงจรหลอดไฟใช้ในการตั้งเวลา
7. LRR210_ZBMESHทำหน้าที่เป็นเอ็นพ้อยเชื่อมต่อกับวงจรปั้มน้ำ
8. P04C1-100_ZIGBEEทำหน้าที่เป็นเอ็นพ้อยเชื่อมต่อกับวงจรหลอดไฟใช้ในการหรี่ไฟ

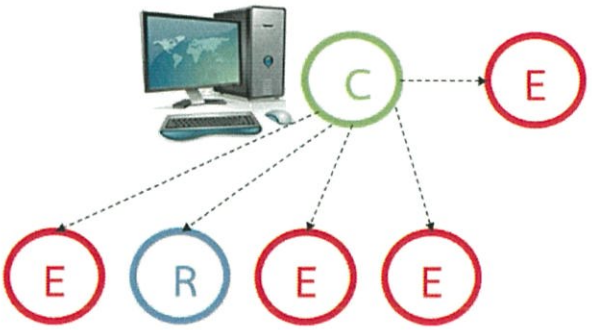
3.5.2 การออกแบบการทดสอบเทคโนโลยีชุดทดสอบ

ก่อนที่จะนำเทคโนโลยี ไปติดตั้งใช้จริงในอาคาร Future Center จะต้องมีการนำมาตรวจสอบการทำงานก่อน ในเรื่องของฟังก์ชันหรือหน้าที่ของ Module Zigbee แต่ละตัวที่แตกต่างกัน ได้แก่ Coordinator, Router และ Endpoint รวมถึงทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆของวิธี Zigbee เช่น ระยะทางการรับส่งข้อมูล เป็นต้น และทดสอบในเรื่องของฟังก์ชันการใช้งานของเทคโนโลยีที่ได้จัดไว้ทั้ง 4 แบบ ได้แก่ Relay , Dimmer , Sensor และ Timer โดยมีลำดับการทดสอบดังนี้

3.5.2.1 ทดสอบการทำงานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ใช้โปรแกรมที่โหลดได้ฟรีจากหน้าเว็บไซต์ของทางเทคโนโลยี ทำการตั้งค่าโปรแกรมต่างๆตามคู่มือการใช้งานของเทคโนโลยี และทดสอบว่าคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมของทางเทคโนโลยีนั้นสามารถที่จะเชื่อมต่อกับ Coordinator ได้หรือไม่ นอกจากนี้ อุปกรณ์ตัวอื่นๆ ได้แก่ Router และ Endpoint Device ที่อยู่ในระยะการรับส่งข้อมูล จะสามารถรับคำสั่งจากการสั่งงานของโปรแกรมผ่านการสื่อสารของ Coordinator ได้หรือไม่ โดยทำการทดสอบจากการลองสั่งควบคุมสถานะ On/Off ของ Relay บนบอร์ดที่ Zigbee ทำหน้าที่เป็น Router และ Endpoint Device โดยในที่นี้ Router จะทำหน้าที่เป็น Endpoint แสดงเป็นรูปอย่างง่ายได้ดังรูปที่ 3.8

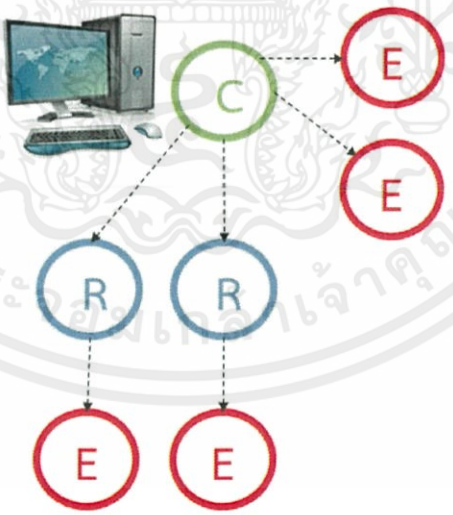
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การทดสอบการทำงานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.5.2.2 ทดสอบอุปกรณ์ตามหน้าที่ของแต่ละตัว

หลังจากที่ทดสอบแล้วว่าโปรแกรมของทางเทคโนโลยี สามารถทำงานร่วมกันกับเทคโนโลยีได้จริง ขั้นตอนการทดสอบต่อไป จึงเป็นการทดสอบการทำงานตามหน้าที่ของบอร์ดหรือเทคโนโลยีชิ้นนั้นๆ หรือก็คือหน้าที่ของ Zigbee ที่อยู่บนบอร์ดนั้นนั่นเอง โดยหน้าที่ของ Coordinator ได้ทดสอบไปแล้วในหัวข้อ 3.5.2.1 ในเรื่องของการสงข้อมูลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปสู่ Router หรือ Endpoint ส่วนเทคโนโลยีชิ้นที่ทำหน้าที่เป็น Router ก็ทดสอบโดยให้ทำหน้าที่เป็นสะพานในการส่งข้อมูลระหว่าง Coordinator และ Endpoint Device ว่าสามารถส่งข้อมูลไปถึงปลายทางได้หรือไม่ สำหรับเทคโนโลยีที่ทำหน้าที่เป็น Endpoint ก็ทดสอบในลักษณะการรับส่งข้อมูลหรือคำสั่งมาว่าจะสามารถทำตามที่สั่งจากโปรแกรมได้หรือไม่ แสดงเป็นรูปอย่างง่ายได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การทดสอบอุปกรณ์ตามหน้าที่ของแต่ละตัว

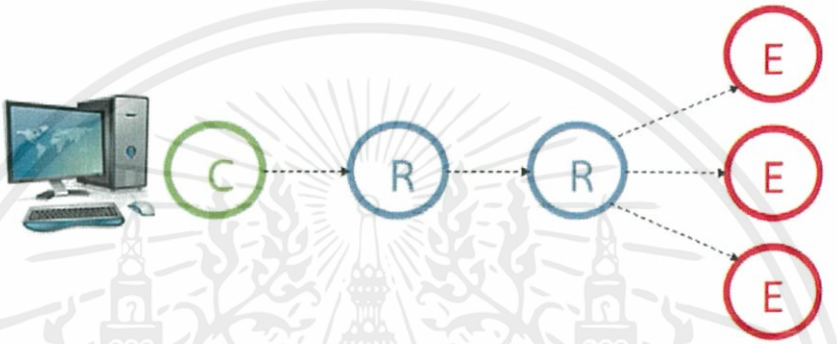
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.3 ทดสอบระยะทางการรับ/ส่งข้อมูล

เมื่อทดสอบแล้วว่าเทคโนโลยีแต่ละชิ้น สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ของมันเองได้จริง จากนั้นทำการทดสอบหาระยะทางที่มากที่สุดที่ยังสามารถทำการรับส่งข้อมูลได้ ระหว่าง

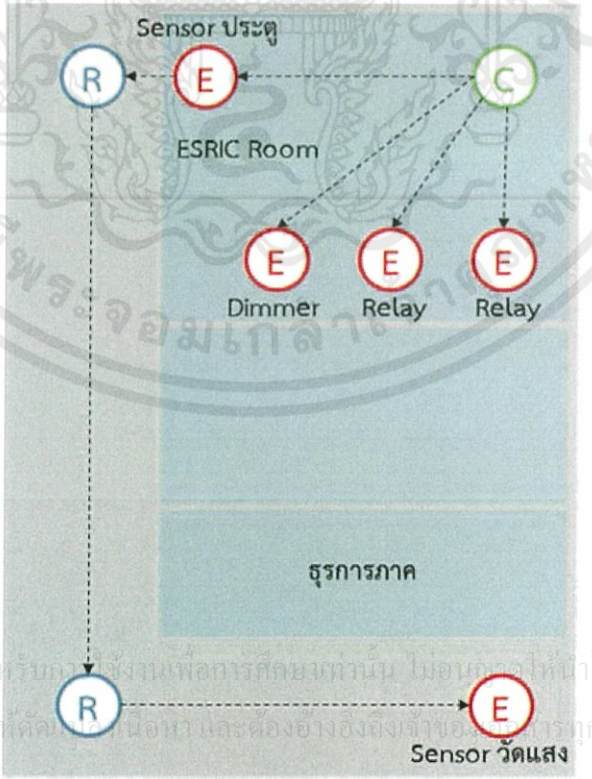
- Coordinator - Endpoint
- Coordinator - Router
- Coordinator - Router - Endpoint
- Coordinator - Router - Router
- Coordinator - Router - Router – Endpoint เป็นไปดังรูปที่ 3.10

โดยการเพิ่มระยะห่างดังกล่าวทีละ 10 เมตร แล้วลองสั่งการจากโปรแกรมไปเปลี่ยนสถานะ On/Off ของ Relay อุปกรณ์ปลายทาง บันทึกระยะสูงสุดที่ยังสามารถทำงานได้ตามที่สั่งงาน



รูปที่ 3.10 การทดสอบระยะทางการรับ/ส่งข้อมูล

3.5.2.4 ทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้า

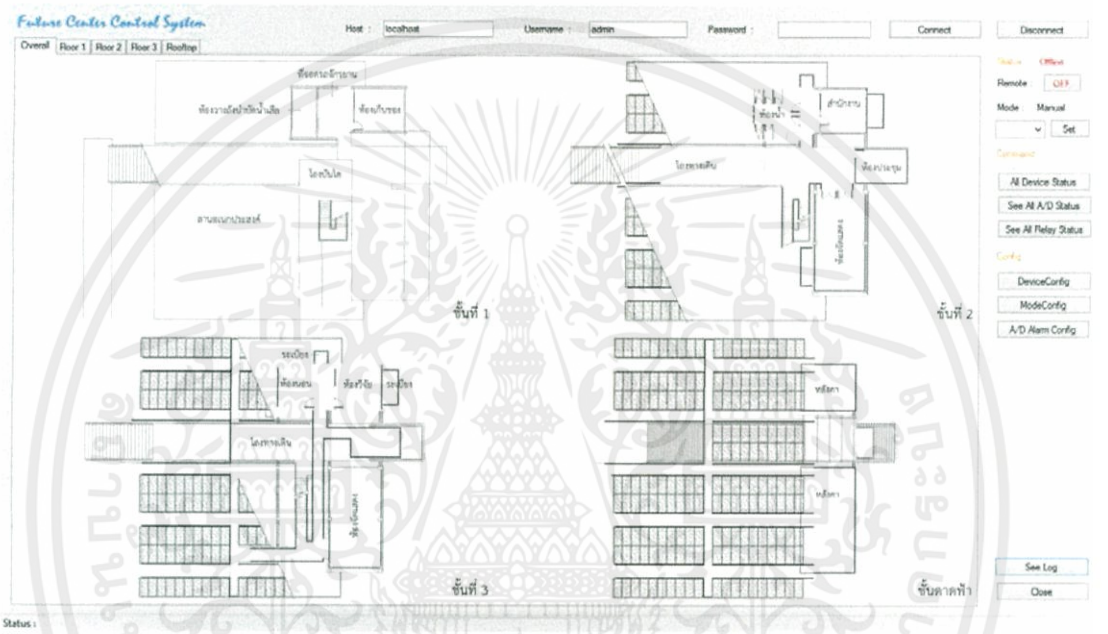


รูปที่ 3.11 การทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 เป็นการทดสอบที่มีการติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 3.5.1 รูปที่ 3.7 โดยที่รูปที่ 3.11 นี้เป็นการแสดงสัญลักษณ์ตัวอักษร C (Coordinator) , R (Router) และ E (Endpoint) ที่แสดงถึงหน้าที่ของเทคโนโลยีชุดทดสอบแต่ละชิ้นที่สอดคล้องกับหน้าที่ของสิ้นค้าตามหมายเลขที่ระบุในการจัดวางเทคโนโลยีรูปที่ 3.7 ซึ่งมีการทดสอบโดยการใช้งานจริงกับโหลดภายในห้องแล็บ ESIRC และบริเวณทางเดินชั้น 1 ตึก ECC ไปจนถึงหน้าห้องธุรการภาควิศวกรรมไฟฟ้า โดยมีการทดสอบในทุกแบบของการทดสอบก่อนหน้านี้

3.5.2.5 เขียนโปรแกรมเพื่อแสดงหน้าจอควบคุมอุปกรณ์ทั้งหมดที่ทำการติดตั้ง



รูปที่ 3.12 โปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

รูปที่ 3.12 เป็นรูปโปรแกรมที่คณะผู้จัดทำได้ออกแบบและเขียนขึ้นเพื่อควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้าหรือเทคโนโลยีชุดทดสอบนั้นจากภายในอาคาร , ห้องคอนโทรล หรือคอมพิวเตอร์นั่นเอง สำหรับรายละเอียดหรือฟังก์ชันต่างๆของโปรแกรมจะกล่าวถึงอย่างละเอียดในบทที่ 5

3.5.2.6 ทดสอบอุปกรณ์ร่วมกับการใช้ Logic แบบง่าย

เป็นการใช้โปรแกรมในรูปที่ 3.12 นี้เชื่อมต่อและสั่งงานไปยังเทคโนโลยีชุดทดสอบโดยมีตรรกะการตัดต่อแบบพื้นฐาน เช่น สั่ง On/Off โหลดต่างๆแบบอัตโนมัติ หาก Sensor เก็บค่าได้เกินค่าที่เซ็ตเอาไว้ เป็นต้น

3.5.2.7 ทดสอบอุปกรณ์ร่วมกับการใช้ Logic ต่างๆจากกลุ่ม Hybrid

เป็นการใช้โปรแกรมในรูปที่ 3.12 นี้เชื่อมต่อและสั่งงานไปยังเทคโนโลยีชุดทดสอบโดยมีตรรกะการตัดต่อเป็นไปตามตรรกะจากกลุ่ม Hybrid ซึ่งก็คือการตัดต่อตาม Objective Function ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ Maximize Profit , Minimize Import และ Economic

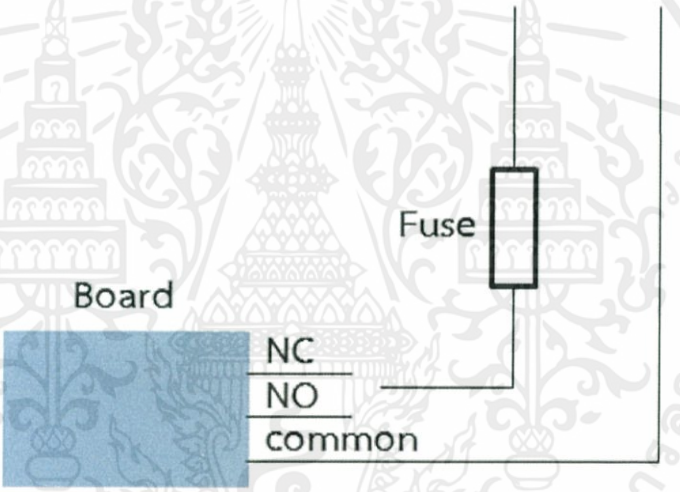
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบติดตั้งใช้งานจริง

เมื่อทำการทดสอบอุปกรณ์ต่างๆเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในโครงการ Future Center โดยมีการออกแบบในด้านการป้องกัน(Protection) และความปลอดภัย (Security) ดังนี้

3.6.1 ด้านการป้องกัน (Protection)

เนื่องจากภายในบอร์ดหรือเทคโนโลยี ไม่มีฟังก์ชันการป้องกันใดๆ จึงต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์ภายนอก ในที่นี้เป็นฟิวส์ โดยต่ออนุกรมกับหน้าสัมผัสของ Relay บนบอร์ดเทคโนโลยี แสดงดังรูปที่ 3.13 เพื่อป้องกันอุปกรณ์ต่างๆ จากการเกิดกระแสเกิน หากต้องการป้องกันจากเหตุอื่น เช่น แรงดันเกิน ก็จะเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ภายนอกตัวอื่นที่สามารถป้องกันแรงดันเกินได้ เช่น overvoltage relay มาต่อเข้ากับหน้าสัมผัส Relay นั่นเอง



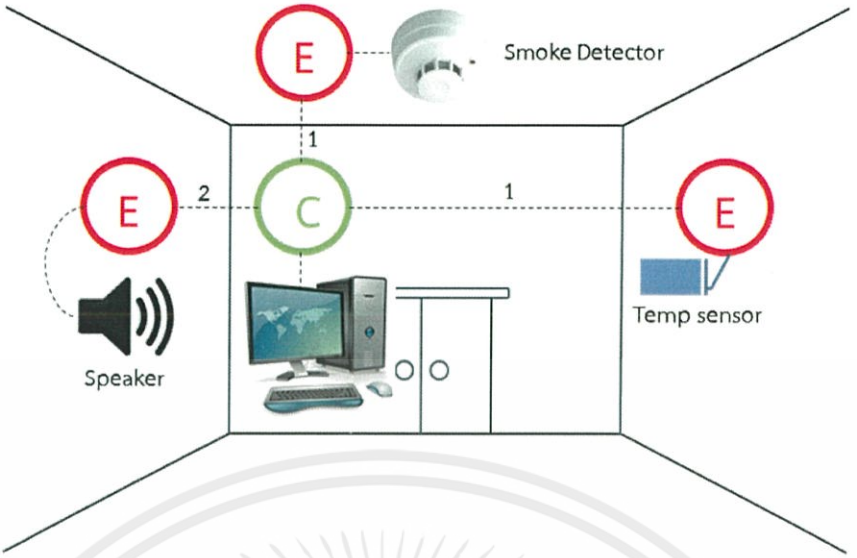
รูปที่ 3.13 ระบบป้องกันกระแสเกิน

3.6.2 ด้านความปลอดภัย (Security)

3.6.2.1 ระบบตรวจจับไฟไหม้

จากรูปที่ 3.14 ระดับความร้อนที่ Temp sensor หรือระดับควันไฟที่ Smoke Detector ตรวจจับได้ ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกส่งจากอุปกรณ์ที่เป็น Endpoint Device แบบ Reactor หรือ Sensor นี้ ไปยัง Coordinator และทำการสื่อสารข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์ หากปริมาณของข้อมูลเหล่านั้นเกินค่าที่ตั้งไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือหมายถึงการที่ระดับความร้อนหรือควันไฟที่มากเกินไปนั่นเอง โปรแกรมจะทำการสั่งงานไปยัง Coordinator และจะส่งคำสั่งต่อไปยัง Endpoint Device ที่เป็น Speaker เพื่อส่งเสียงเตือนเหตุไฟไหม้ ทำให้ผู้ที่อยู่ในบริเวณนี้ ออกจากบริเวณดังกล่าวได้ทันก่อนที่จะเกิดเหตุไฟไหม้

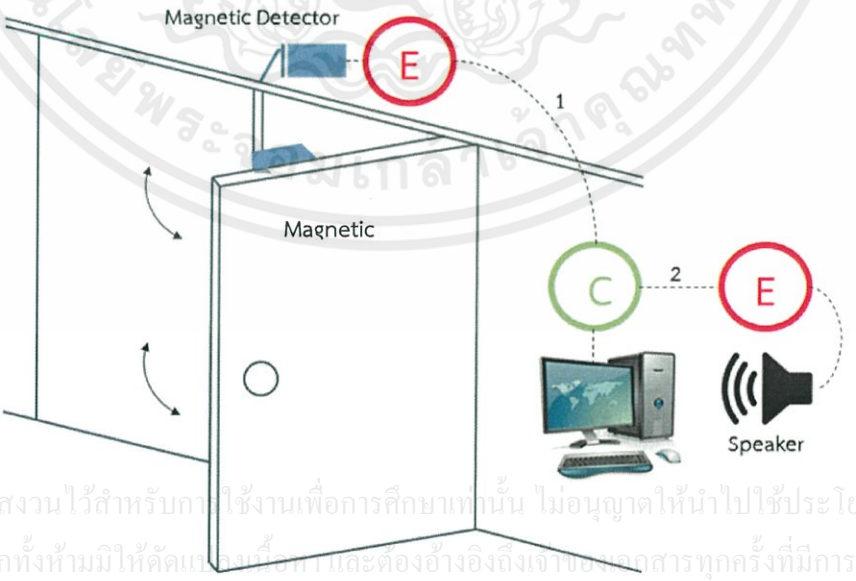
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ระบบตรวจจับไฟไหม้

3.6.2.2 ระบบเตือนคนเข้า/ออกห้อง

จากรูปที่ 3.15 เมื่อมีคนเปิดประตูเพื่อเข้าหรือออกจากห้อง Magnetic จะถูกแยกออกจาก Magnetic Detector ข้อมูลจาก Endpoint Device ที่เป็น Reactor หรือ Sensor ซึ่งก็คือ Magnetic Detector นี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ และข้อมูลสถานะที่เปลี่ยนแปลงนั้นจะถูกส่งไปยัง Coordinator เมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ตั้งค่าไว้ให้ทำงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะนี้ จะมีการส่งคำสั่งผ่าน Coordinator ไปยัง Endpoint Device ที่เป็น Speaker เพื่อส่งเสียงเตือนว่าขณะนั้นมีคนกำลังเข้าหรือออกจากห้องอยู่ เป็นการแจ้งให้คนที่อยู่ในห้องนั้นได้ทราบ

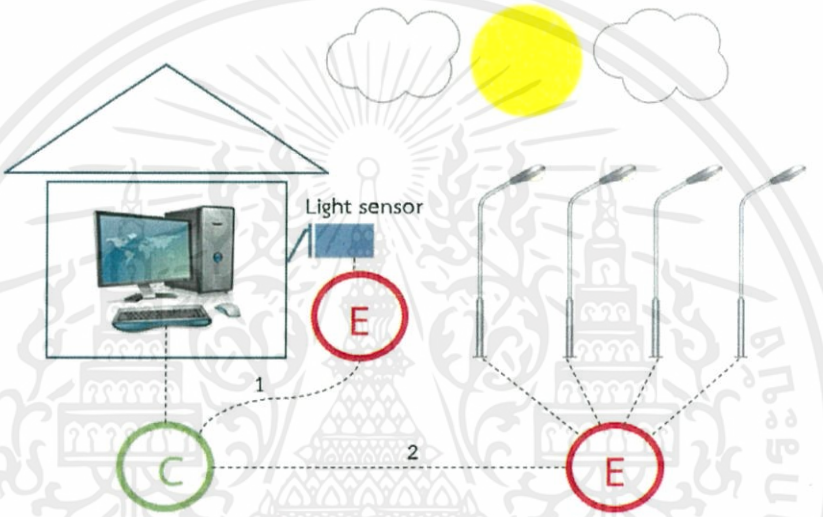


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 ระบบเตือนเมื่อมีคนเข้า/ออก

3.6.2.3 ระบบเปิดไฟอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.16 เมื่อพระอาทิตย์ตกดินจอนช่วงเย็น Light Sensor จะเก็บค่าความเข้มแสงได้ต่ำลง ข้อมูลจาก Endpoint Device ที่เป็น Reactor หรือ Sensor ซึ่งก็คือ Light Sensor นี้ ก็จะถูกส่งไปยัง Coordinator คอมพิวเตอร์ก็จะได้รับข้อมูลความเข้มแสงที่ต่ำลง หากความเข้มแสงดังกล่าวต่ำลงจนถึงค่าที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ตั้งไว้ จะทำให้มีการส่งคำสั่งผ่าน Coordinator ไปยัง Endpoint Device ที่เป็นไฟถนน เพื่อเปิดหลอดไฟให้ความสว่างแก่บริเวณทางเดินเข้าบ้าน โดยเป็นการลดบริเวณที่มืดหรือลดบริเวณที่อาจเกิดความเสี่ยงการเกิดเหตุอันตรายลงได้ ทำให้มีความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินมากขึ้น



รูปที่ 3.16 ระบบเปิดไฟอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

ในบทนี้จะแสดงการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารของโครงการ Future Center โดยมีการ Layout ระบบไฟฟ้าคู่กับระบบควบคุมการตัดต่อ ซึ่งการ Layout ระบบควบคุมการตัดต่อ ก็คือ การวางเทคโนโลยีที่มีการใช้วิธีควบคุมการตัดต่อโหลดนั้นแบบไร้สาย Zigbee ลงในแบบแปลนของอาคารนั่นเอง โดยก่อนที่จะ Layout ระบบทั้งสองได้จะต้องทราบว่าเทคโนโลยีแต่ละชิ้นควบคุมระบบไฟฟ้าวงจรใดจากการแบ่งวงจรย่อยตามความสามารถในการตัดต่อของ Relay บนเทคโนโลยี แล้วให้เทคโนโลยีแต่ละชิ้นควบคุมแต่ละวงจรย่อยที่ได้แบ่งไว้ นอกจากนี้ยังมีการเรียงลำดับความสำคัญของวงจรย่อยนั้น รวมถึงการเขียนแบบวันไลน์ไดอะแกรมของอาคารอีกด้วย

4.1 การนำโหลดมาแบ่งวงจรย่อย

ในหัวข้อนี้จะเป็นการแบ่งวงจรของโหลดทางไฟฟ้าทั้งหมดของตัวอาคารในโครงการ Future Center โดยแบ่งตามความสามารถในการตัดต่อของ Relay บนเทคโนโลยี และเน้นให้วงจรย่อยนั้นเล็กที่สุด เพื่อใช้ในระบบควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้าตาม Objective Function ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยจะต้องผ่านการลำดับความสำคัญของวงจรย่อยนั้นก่อนในหัวข้อที่ 4.2 การแบ่งวงจรย่อยของโหลดแต่ละชั้นเป็นไปดังตารางที่ 4.1 , 4.2 , 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.1 การแบ่งจำนวนวงจรย่อยของชั้น 1

ชั้น 1				
	จำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด	อุปกรณ์ / circuit	จำนวน circuit	รวมวัตต์
ห้องบำบัดน้ำเสีย				
หลอดไฟ LED 25 W	2	2	1	50
มอเตอร์ปั้มน้ำ 500 W	2	1	2	1000
เต้ารับคู่ 1 เฟส	1	1	1	150
ห้องเก็บของ				
หลอดไฟ LED 25 W	2	2	1	50
เต้ารับคู่ 1 เฟส	3	3	1	450
โหลดส่วนกลาง –ลานจอดจักรยาน				
หลอดไฟ LED 25 W	8	4	2	200
เต้ารับคู่ 1 เฟส	2	2	1	300
				2200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การแบ่งจำนวนวงจรย่อยของชั้น 2

ชั้น 2				
	จำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด	อุปกรณ์ / circuit	จำนวน circuit	รวมวัตต์
ห้องน้ำ				
หลอดไฟ LED 25 W	4	2	2	100
เครื่องทำน้ำอุ่น 3500 W	2	1	2	7000
ห้องสำนักงาน กว้าง 5 ยาว 5 สูง 4 เมตร				
หลอดไฟ LED 25 W	6	3	2	150
ตู้เย็น 120 W	1	1	1	120
กาน้ำร้อน 700 W	1	1	1	700
ไมโครเวฟ 1000 W	1	1	1	1000
TV 70 W	1	1	1	70
คอมพิวเตอร์ 400 W	4	2	2	1600
แอร์16000 Btu	1	1	1	6000
เต้ารับคู่ 1 เฟส	3	3	1	450
พัดลมตั้งโต๊ะ 75 W	1	1	1	75
ห้องประชุม กว้าง 5 ยาว 5 สูง 4 เมตร				
หลอดไฟ LED 25 W	4	2	2	100
แอร์16000 Btu	1	1	1	6000
คอมพิวเตอร์ 400 W	1	1	1	400
เต้ารับคู่ 1 เฟส	2	2	1	300
เต้ารับคู่ 1 เฟสฝังพื้น	2	2	1	300
ห้องจัดแสดง ขนาด กว้าง 5 ยาว 10 สูง 4 เมตร				
หลอดไฟ LED 25 W	12	4	3	300
คอมพิวเตอร์ 400 W	2	2	1	800
แอร์16000 Btu	2	1	2	12000
เต้ารับคู่ 1 เฟส	4	2	2	600
โหลดส่วนกลาง				
หลอดไฟ LED 25 W	4	2	2	100
				38165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การแบ่งจำนวนวงจรย่อยของชั้น 3

ชั้น 3				
	จำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด	อุปกรณ์ / circuit	จำนวน circuit	รวมวัตต์
ห้องนอน				
หลอดไฟ LED 25 W	3	3	1	75
TV 70 W	1	1	1	70
แอร์16000 Btu	1	1	1	6000
พัดลมตั้งโต๊ะ 75 W	1	1	1	75
เต้ารับคู่ 1 เฟส	3	3	1	450
ห้องควบคุม กว้าง 5 ยาว 10 สูง 3 เมตร				
หลอดไฟ LED 25 W	6	3	2	150
คอมพิวเตอร์ 400 W	4	2	2	800
แอร์16000 Btu	2	1	2	12000
พัดลมตั้งโต๊ะ 75 W	1	1	1	75
เต้ารับคู่ 1 เฟส	4	2	2	600
ห้องวิจัย กว้าง 5 ยาว 5 สูง 3 เมตร				
หลอดไฟ LED 25 W	6	3	2	150
แอร์16000 Btu	1	1	1	6000
เต้ารับคู่ 1 เฟส	3	3	1	300
พัดลมตั้งโต๊ะ 75 W	1	1	1	75
TV 70 W	1	1	1	70
คอมพิวเตอร์ 400 W	4	2	2	1600
โหลดส่วนกลาง				
หลอดไฟ LED 25 W	4	2	2	100
				28590

ตารางที่ 4.4 การแบ่งจำนวนวงจรย่อยของชั้นดาดฟ้า

ชั้นดาดฟ้า				
หลอดไฟ LED 25 W	4	2	2	100
โหลดตกแต่ง				
LED 12 m2	1	1	1	1200
				1300
				70255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การนำวงจรย่อยมาเรียงลำดับความสำคัญ

ในหัวข้อนี้จะเป็นการนำวงจรย่อยในหัวข้อที่ 4.1 มาจัดเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละวงจรย่อย เพื่อนำไปใช้ในการคิดตรรกะหรือโลจิกในการตัดต่อตาม Objective Function ไม่ว่าจะ เพื่อทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด , เพื่อให้อยู่รอดด้วยตัวเองได้ และเพื่อความประหยัด การเรียงลำดับความสำคัญของวงจรย่อยแต่ละชั้นเป็นไปดังตารางที่ 4.5 , 4.6 , 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.5 การเรียงลำดับคำสำคัญของวงจรย่อยชั้น 1

ชั้น 1					Priority		
	จำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด	อุปกรณ์ /circuit	จำนวน circuit	รวมวัตต์	Circuit 1	Circuit 2	Circuit 3
ห้องบำบัดน้ำเสีย							
หลอดไฟ LED 25 W	2	2	1	50	17		
มอเตอร์ปั๊มน้ำ 500 W	2	1	2	1000	15	16	
เต้ารับคู่ 1 เฟส	1	1	1	150	18		
ห้องเก็บของ							
หลอดไฟ LED 25 W	2	2	1	50	39		
เต้ารับคู่ 1 เฟส	3	3	1	450	34		
โหลดส่วนกลาง -ลานจอดจักรยาน							
หลอดไฟ LED 25 W	8	4	2	200	38	56	
เต้ารับคู่ 1 เฟส	2	2	1	300	33		
				2200			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การเรียงลำดับคำสำคัญของวงจรย่อยชั้น 2

ชั้น 2					Priority		
	จำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด	อุปกรณ์/circuit	จำนวน circuit	รวมวัตต์	Circuit 1	Circuit 2	Circuit 3
ห้องน้ำ							
หลอดไฟ LED 25 W	4	2	2	100	40	57	
เครื่องทำน้ำอุ่น3500W	2	1	2	7000	52	58	
ห้องสำนักงาน กว้าง 5 ยาว 5 สูง 4 เมตร							
หลอดไฟ LED 25 W	6	3	2	150	22	53	
ตู้เย็น 120 W	1	1	1	120	45		
กาน้ำร้อน 700 W	1	1	1	700	63		
ไมโครเวฟ 1000 W	1	1	1	1000	64		
TV 70 W	1	1	1	70	65		
คอมพิวเตอร์ 400 W	4	2	2	1600	19	20	
แอร์16000 Btu	1	1	1	6000	23		
เต้ารับคู่ 1 เฟส	3	3	1	450	21		
พัดลมตั้งโต๊ะ 75 W	1	1	1	75	47		
ห้องประชุม กว้าง 5 ยาว 5 สูง 4 เมตร							
หลอดไฟ LED 25 W	4	2	2	100	26	54	
แอร์16000 Btu	1	1	1	6000	27		
คอมพิวเตอร์ 400 W	1	1	1	400	24		
เต้ารับคู่ 1 เฟส	2	2	1	300	25		
เต้ารับคู่ 1 เฟสฝังพื้น	2	2	1	300	35		
ห้องจัดแสดง ขนาด กว้าง 5 ยาว 10 สูง 4 เมตร							
หลอดไฟ LED 25 W	12	4	3	300	30	50	55
คอมพิวเตอร์ 400 W	2	2	1	800	28		
แอร์16000 Btu	2	1	2	12000	31	49	
เต้ารับคู่ 1 เฟส	4	2	2	600	29	48	
โหลดส่วนกลาง							
หลอดไฟ LED 25 W	4	2	2	100	42	60	
				38165			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การเรียงลำดับคำสำคัญของวงจรย่อยชั้น 3

ชั้น 3					Priority		
	จำนวนอุปกรณ์ทั้งหมด	อุปกรณ์/circuit	จำนวน circuit	รวมวัตต์	Circuit1	Circuit2	Circuit3
ห้องนอน							
หลอดไฟ LED 25 W	3	3	1	75	36		
TV 70 W	1	1	1	70	66		
แอร์16000 Btu	1	1	1	6000	37		
พัดลมตั้งโต๊ะ 75 W	1	1	1	75	51		
เต้ารับคู่ 1 เฟส	3	3	1	450	32		
ห้องควบคุม กว้าง 5 ยาว 10 สูง 3 เมตร							
หลอดไฟ LED 25 W	6	3	2	150	3	8	
คอมพิวเตอร์ 400 W	4	2	2	800	1	2	
แอร์16000 Btu	2	1	2	12000	5	6	
พัดลมตั้งโต๊ะ 75 W	1	1	1	75	9		
เต้ารับคู่ 1 เฟส	4	2	2	600	4	7	
ห้องวิจัย กว้าง 5 ยาว 5 สูง 3 เมตร							
หลอดไฟ LED 25 W	6	3	2	150	12	44	
แอร์16000 Btu	1	1	1	6000	14		
เต้ารับคู่ 1 เฟส	3	3	1	300	13		
พัดลมตั้งโต๊ะ 75 W	1	1	1	75	46		
TV 70 W	1	1	1	70	62		
คอมพิวเตอร์ 400 W	4	2	2	1600	10	11	
โหลดส่วนกลาง							
หลอดไฟ LED 25 W	4	2	2	100	41	59	
				28590			

ตารางที่ 4.8 การเรียงลำดับคำสำคัญของวงจรย่อยชั้นดาดฟ้า

ชั้นดาดฟ้า					Priority		
หลอดไฟ LED 25 W	4	2	2	100	43	61	
โหลดตกแต่ง							
LED 12 m2	1	1	1	1200	67		
				1300			
				70255			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : เลข 1 หมายถึง มีความสำคัญมากที่สุด ควรตัดออกเป็นลำดับสุดท้าย

4.3 การทำ Balance Phase ภายในส่วนอาคารของโครงการ

ในหัวข้อนี้จะเป็นการนำโหลดภายในอาคารมาจัดลงตารางโหลด โดยการรวมวงจรย่อยที่ได้แบ่งไว้ และจัดให้เกิดความสมดุลในแต่ละเฟส หรือเป็นการทำให้แต่ละเฟสมีค่ากำลังไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน โดยในทางทฤษฎีแล้วมีความเป็นไปได้ แต่ทางปฏิบัตินั้นไม่มีโอกาสที่จะเกิดโหลดสมดุลได้อย่างสมบูรณ์ โหลดที่ไม่สมดุลก็คือแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสที่ไม่สมดุลนั่นเอง การ Balance Phase ในส่วนของภาระไฟฟ้าของอาคารของโครงการแสดงได้ดังตารางที่ 4.9 , 4.10 , 4.11 และ 4.12

ตารางที่ 4.9 บาลานซ์โหลดชั้นที่ 1

PROJECT : LP1 SHEET NO.

220 V. PANEL BOARD SCHEDULE

PANEL NO : LP1

CIRCUIT 6 LOCATION : 1st FLOOR

MAIN CIRCUIT BREAKER MOUNTING : WALL

Circuit No.	Description	Level (VA)			CB			Conductor	
		A	B	C	Pole	AT	IC	Type	Size(mm^2)
1	Lighting	62.5	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
3	Lighting	-	62.5	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
5	Receptacle	-	-	180	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
2	Receptacle	540	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
4	Water Pump	-	625	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
6	Water Pump	-	-	625	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
		602.5	688	805	MAIN CB:			MAIN(mm^2)	
		2,096			3P ,16 AT IC ≥ 25 KA OR LUGS (-A)			4 - THW 4 1 - THW 1.5 G IN : EMT Dia 3/4"	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 บาลานซ์โหลดชั้นที่ 2

PROJECT : LP2 SHEET NO.

220 V. PANEL BOARD SCHEDULE

PANEL NO : LP2

CIRCUIT 18 LOCATION : 2st FLOOR

MAIN CIRCUIT BREAKER MOUNTING : WALL

Circuit No.	Description	Level (VA)			CB			Conductor	
		A	B	C	Pole	AT	IC	Type	Size(mm^2)
1	Lighting1	344	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
3	Lighting2	-	344	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
5	Lighting3	-	-	125	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
7	Receptacle1	720	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
9	Receptacle2	-	900	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
11	Receptacle3	-	-	360	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
13	Water heater1	4,375	-	-	1	32	5	THW	2×6/4G
15	Air1	-	2,046	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
17	Water heater2	-	-	4,375	1	32	5	THW	2×6/4G
2	Air2	2,046	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
4	Air3	-	2,046	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
6	Air4	-	-	2,046	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
8	Appliances1	1,650	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
10	Appliances2	-	2,213	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
12	Appliances3	-	-	2,094	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
14	Space	-							
16	Space		-						
18	Space			-					
		9,135	7,548	9,000	MAIN CB:			MAIN(mm^2)	
		25,683			3P ,50 AT			4 - THW 25	
					IC≥ 25 KA			1 - THW 6 G	
					OR LUGS (-A)			IN : EMT Dia 1 1/2"	

หมายเหตุ : Appliances1 : ตู้เย็น 1 เครื่อง , คอมพิวเตอร์ 3 เครื่อง

Appliances2 : โทรทัศน์ 1 เครื่อง , กาต้มน้ำ 1 เครื่อง , ไมโครเวฟ 1 เครื่อง

Appliances3 : คอมพิวเตอร์ 4 เครื่อง , พัดลม 1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 บาลานซ์โหลดชั้นที่ 3

PROJECT : LP3 SHEET NO.

220 V. PANEL BOARD SCHEDULE

PANEL NO : LP3

CIRCUIT 18 LOCATION : 3st FLOOR

MAIN CIRCUIT BREAKER MOUNTING : WALL

Circuit No.	Description	Level (VA)			CB			Conductor	
		A	B	C	Pole	AT	IC	Type	Size(mm^2)
1	Lighting1	282	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
3	Lighting2	-	188	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
5	Air1	-	-	2,046	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
7	Air2	2,046	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
9	Air3	-	2,046	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
11	Air4	-	-	2,046	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
13	Space	-	-	-	-	-		-	-
15	Space	-	-	-	-	-		-	-
17	Space	-	-	-	-	-		-	-
2	Receptacle1	900	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
4	Receptacle2	-	540	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
6	Receptacle3	-	-	360	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
8	Appliances1	2,000	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
10	Appliances2	-	2,182	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
12	Appliances3	-	-	275	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
14	Space	-	-	-	-	-		-	-
16	Space	-	-	-	-	-		-	-
18	Space	-	-	-	-	-		-	-
		5,228	4,956	4,727	MAIN CB:			MAIN(mm^2)	
		14,911			3P ,32 AT			4 - THW 10	
					IC≥ 25 KA			1 - THW 4 G	
					OR LUGS (-A)			IN : EMT Dia 1 1/4"	

หมายเหตุ : Appliances1 : คอมพิวเตอร์ 4 เครื่อง

Appliances2 : โทรทัศน์ 1 เครื่อง , พัดลม 1 เครื่อง , คอมพิวเตอร์ 4 เครื่อง

Appliances3 : โทรทัศน์ 1 เครื่อง , พัดลม 2 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 บาลานซ์โหลดส่วนกลางและชั้นดาดฟ้า

PROJECT : LC3 SHEET NO.

220 V. PANEL BOARD SCHEDULE

PANEL NO : LC3

CIRCUIT 12 LOCATION : 3st FLOOR

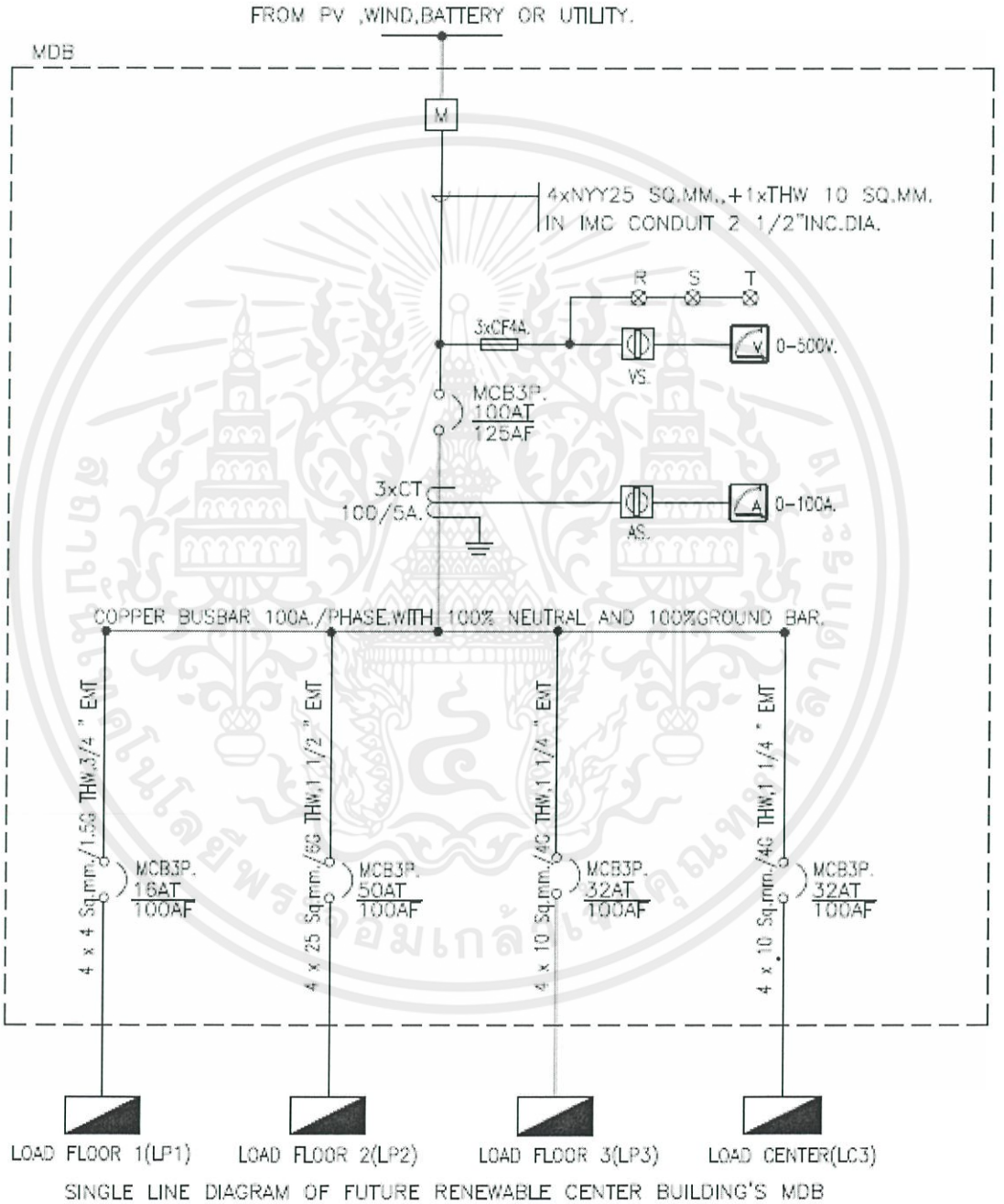
MAIN CIRCUIT BREAKER MOUNTING : WALL

Circuit No.	Description	Level (VA)			CB			Conductor	
		A	B	C	Pole	AT	IC	Type	Size(mm^2)
1a	Lighting1	469	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
3b	Lighting2	-	500	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
5c	Lighting3	-	-	219	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
7a	CCTV	2,000	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
9b	Space	-	-	-	-	-		-	-
11c	Lighting	-	-	1,500	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
2a	Receptacle	360	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
4b	Fire alarm	-	4,000	-	1	32	5	THW	2×6/4G
6c	Sound	-	-	2,000	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
8a	Space	-	-	-	-	-		-	-
10b	Space	-	-	-	-	-		-	-
12c	Space	-	-	-	-	-		-	-
		2,829	4,500	3,719	MAIN CB:			MAIN(mm^2)	
		11,048			3P ,32 AT			4 - THW 10	
					IC≥ 25 KA			1 - THW 4 G	
					OR LUGS (-A)			IN : EMT Dia 1 1/4"	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วันไลน์ไดอะแกรมภายในอาคารของโครงการ Future Center

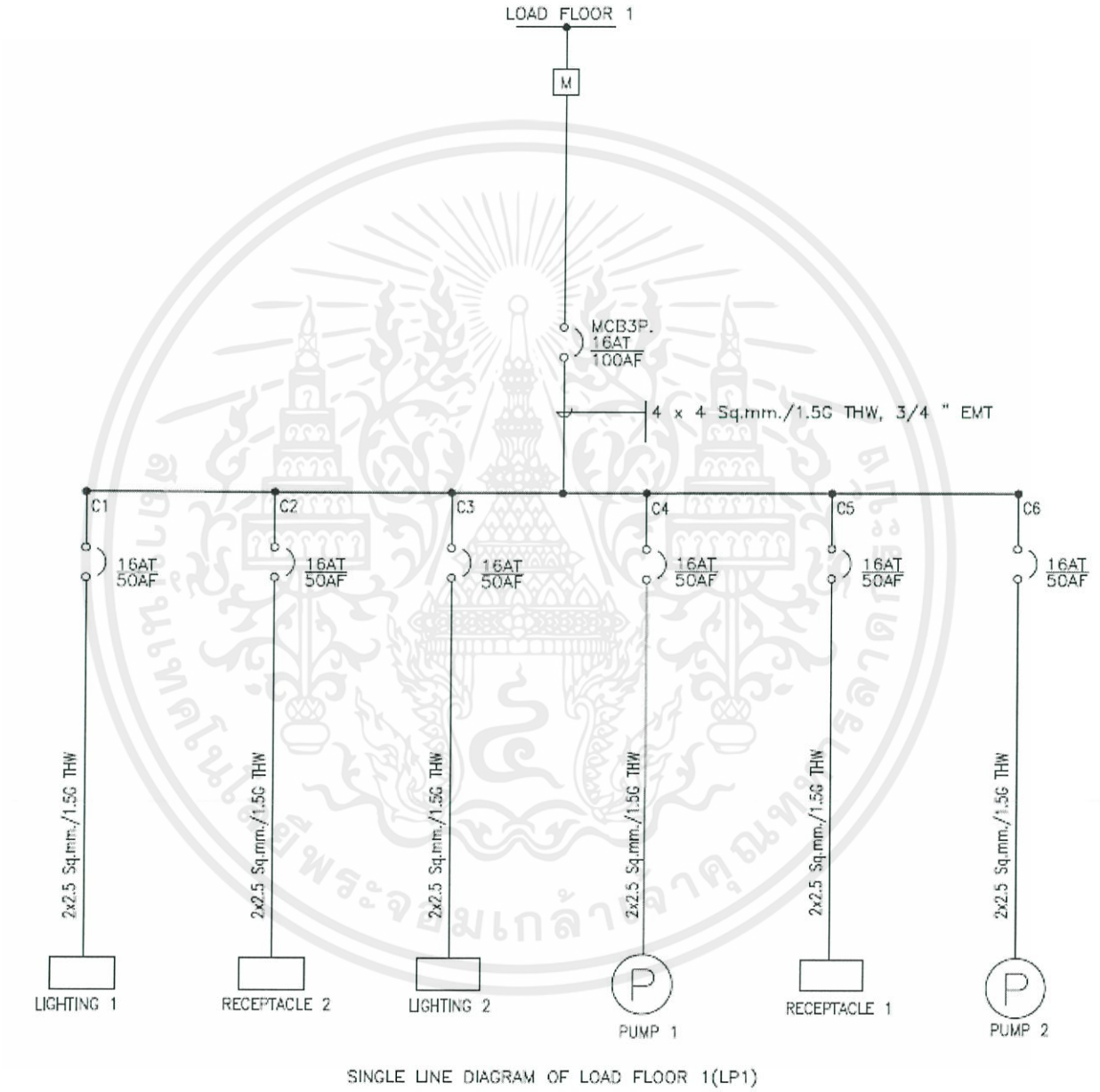
หลังจากทำตารางโหลดภายในอาคารเสร็จแล้ว ในหัวข้อนี้จะเป็นการเขียนวันไลน์ไดอะแกรมภายในตัวอาคารของโครงการ Future Center จากตารางโหลดที่ได้จัดทำไว้ในหัวข้อที่ 4.3 วันไลน์ไดอะแกรมของตู้ MDB , วันไลน์ไดอะแกรมของแต่ละชั้น และวันไลน์ไดอะแกรมของโหลดส่วนกลาง แสดงดังรูปที่ 4.1 – 4.13



รูปที่ 4.1 วันไลน์ไดอะแกรมของตู้ MDB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 เป็นการแสดงวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ MDB ภายในอาคารของโครงการ Future Center โดยแสดงถึงการเขียนสัญลักษณ์ตลอดจนข้อมูลต่างๆ ระบบไฟฟ้าที่รับมาจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าต่างๆเพื่อนำเข้าไปใช้ในตัวอาคารจะเดินในท่อ IMC ฝังดิน โดยเลือกสายชนิด NYY แล้วเดินสายเข้าสู่ตู้ MDB ผ่านเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์และจะเชื่อมต่อกับ Copper Busbar จึงจะแยกไปตามตู้โหลดแต่ละชั้นโดยแต่ละชั้นจะต้องผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์ของแต่ละชั้นก่อน



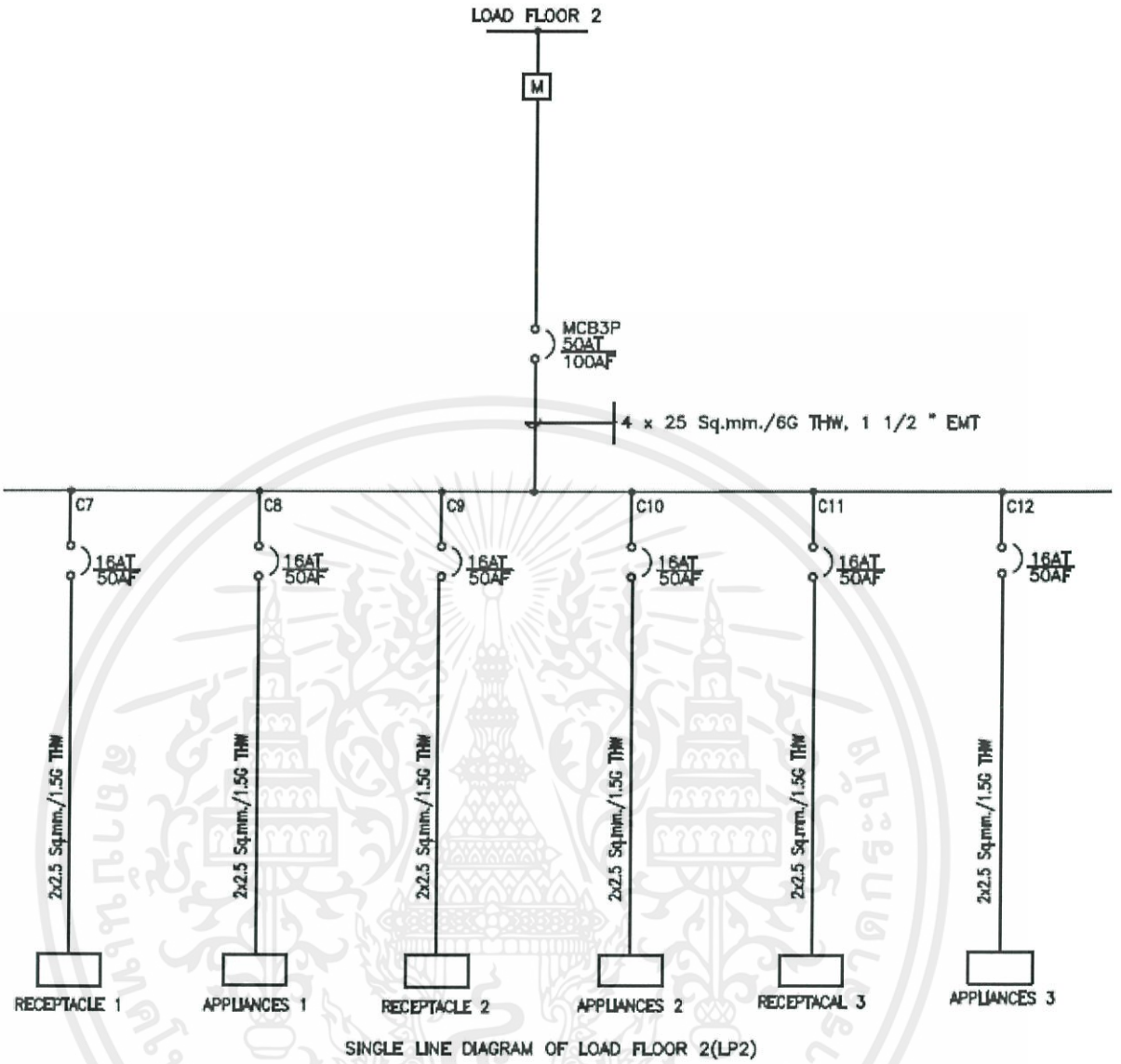
รูปที่ 4.2 วันไลน์ไดอะแกรมของตู้LP1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 แสดงแผนภาพเส้นเดี่ยวของโหลดชั้นที่ 2

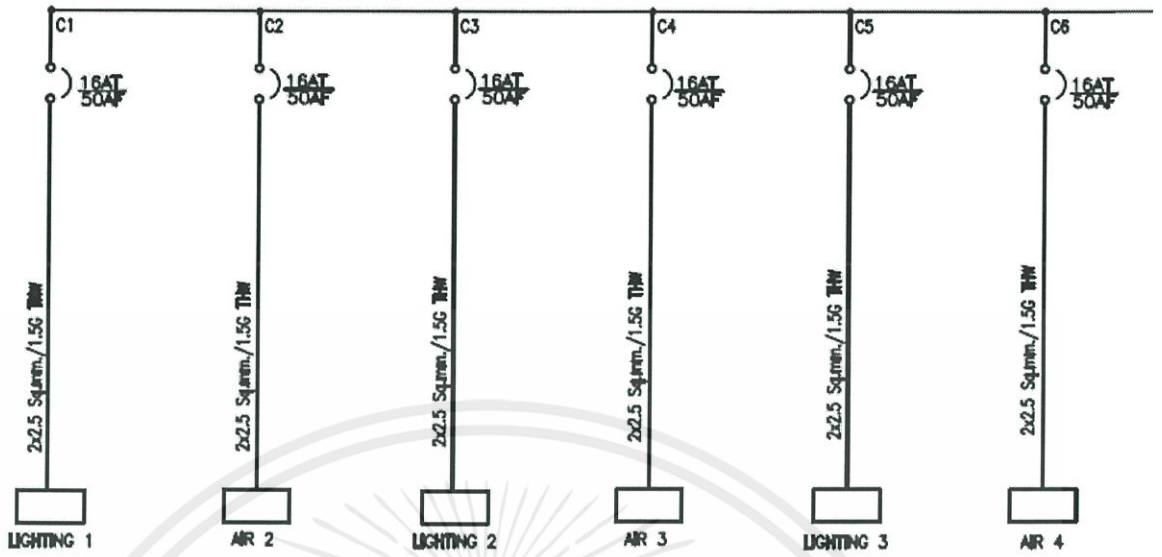
SINGLE LINE DIAGRAM OF LOAD FLOOR 2(LP2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

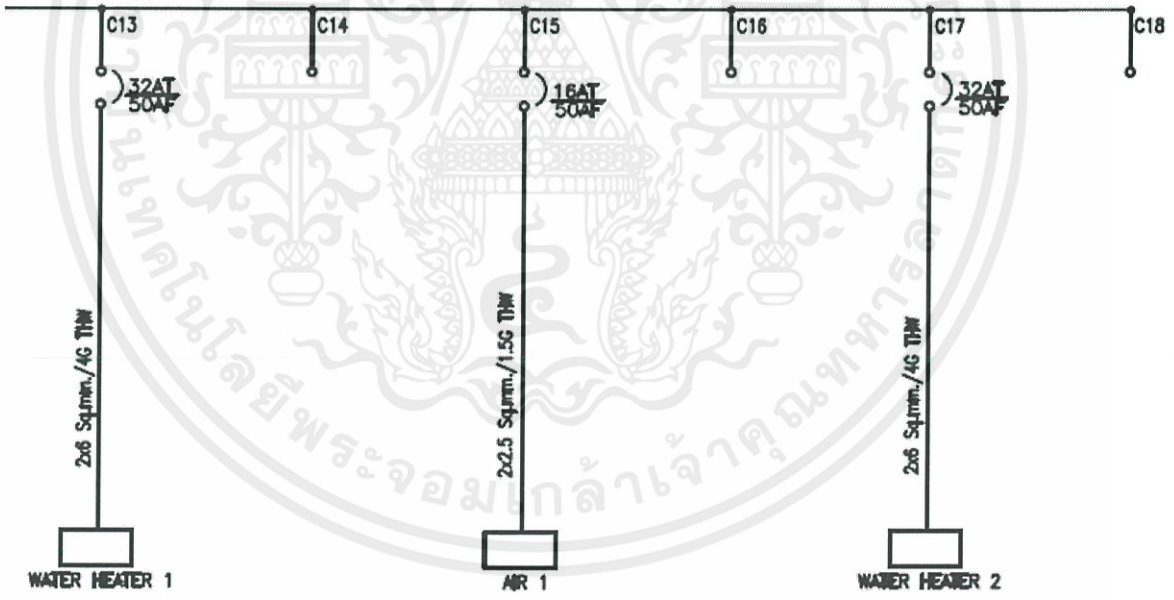


รูปที่ 4.4 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP2 วงจร(เซอร์กิต)ที่เจ็ดถึงสิบสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

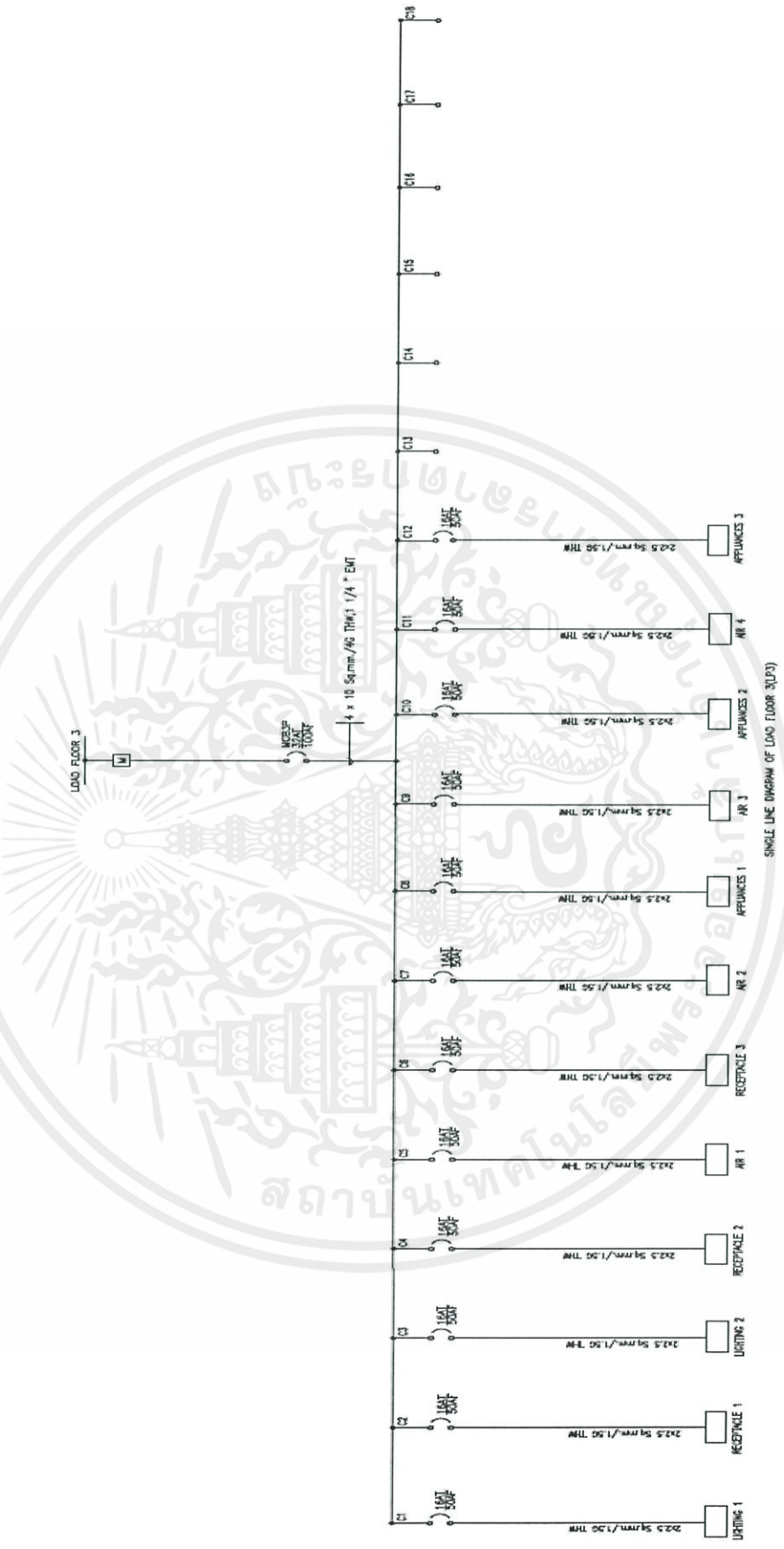


รูปที่ 4.5 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP2 วงจร(เซอร์กิต)ที่หนึ่งถึงหก

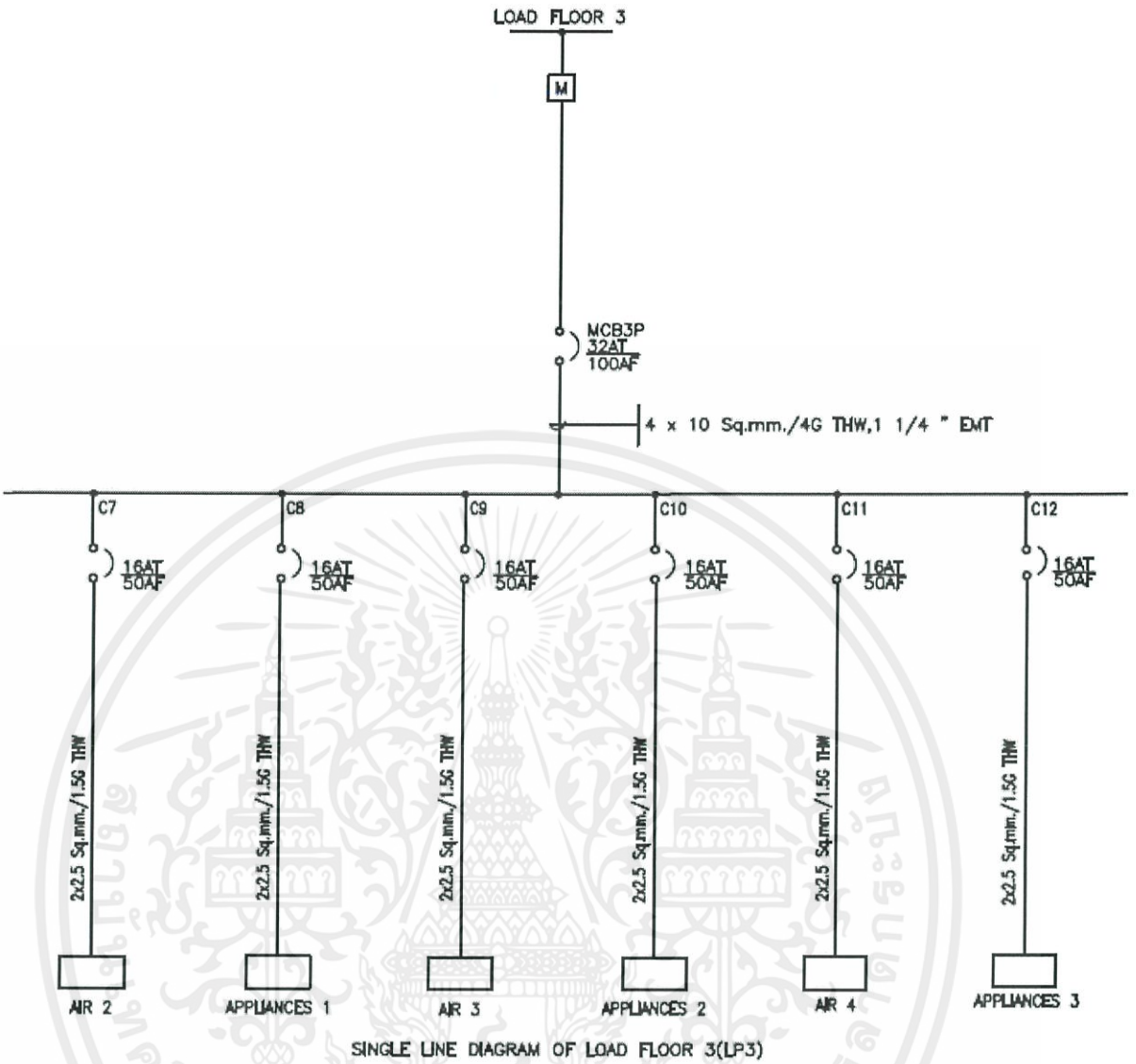


รูปที่ 4.6 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP2 วงจร(เซอร์กิต)ที่สิบสามถึงสิบแปด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

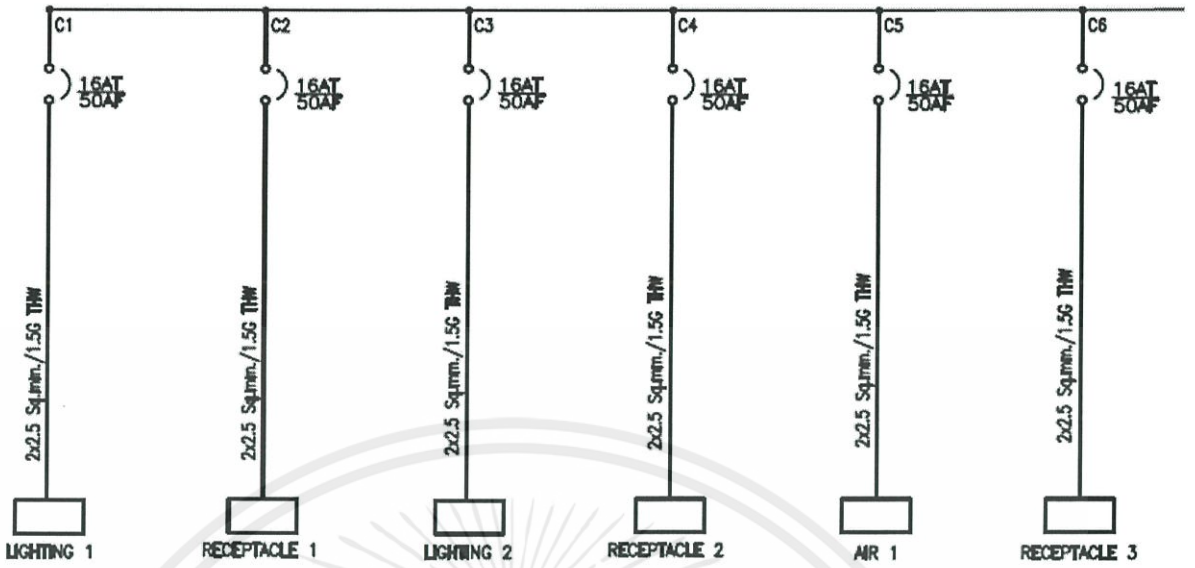


รูปที่ 4.7 วันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP3



รูปที่ 4.8 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP3 วงจร(เซอร์กิต)ที่เจ็ดถึงสิบสอง

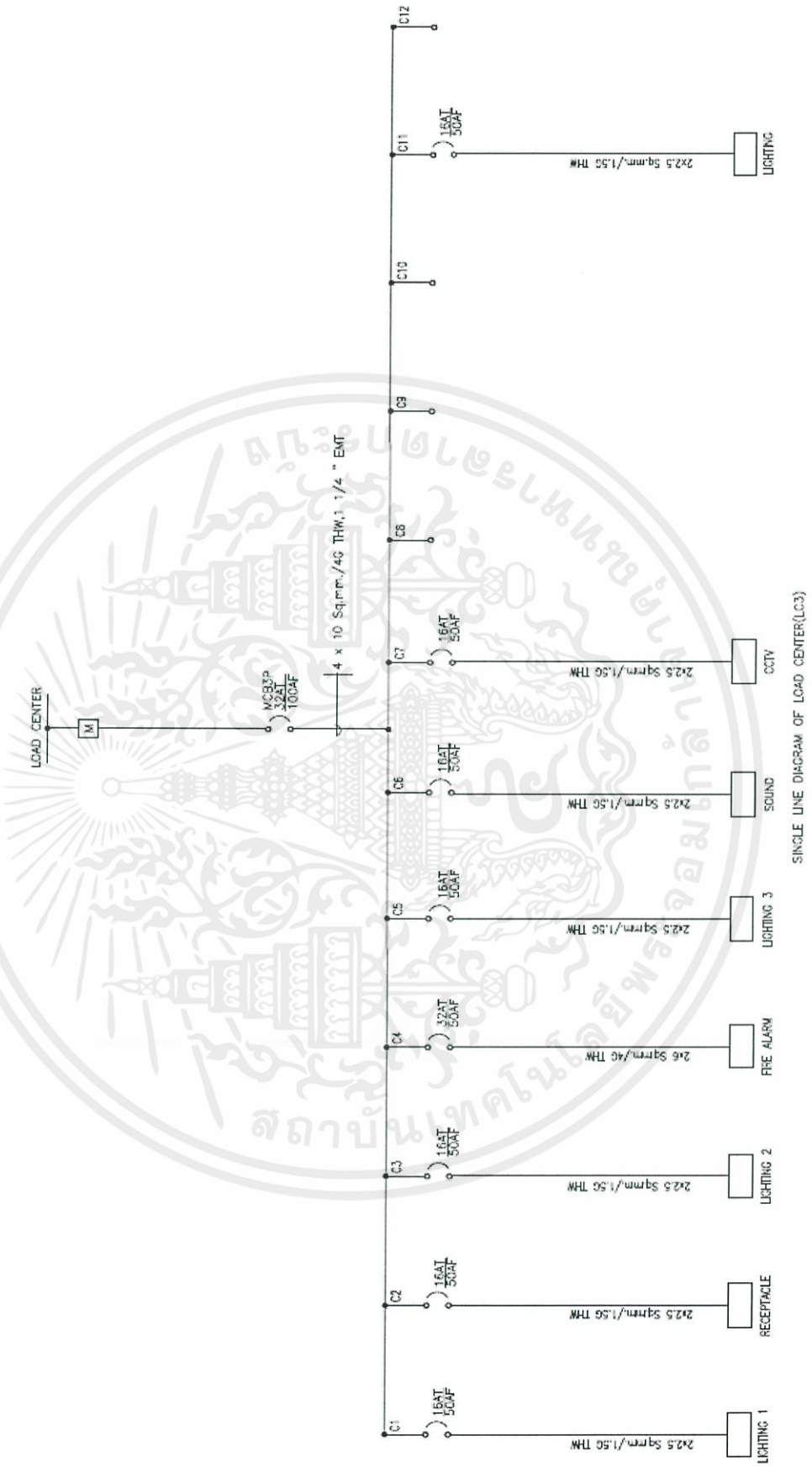
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



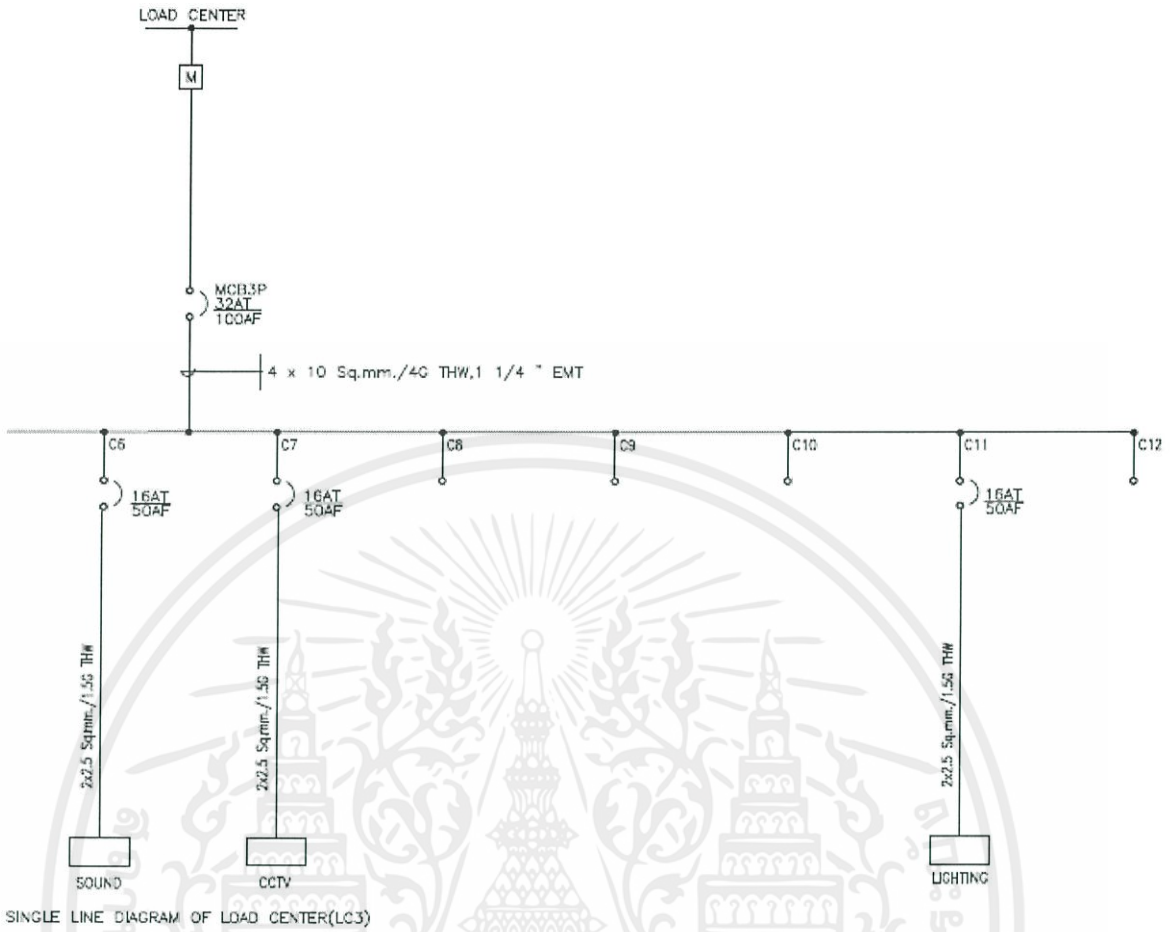
รูปที่ 4.9 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP3 วงจร(เซอร์กิต)ที่หนึ่งถึงหก

รูปที่ 4.10 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP3 วงจร(เซอร์กิต)ที่สิบสามถึงสิบแปด

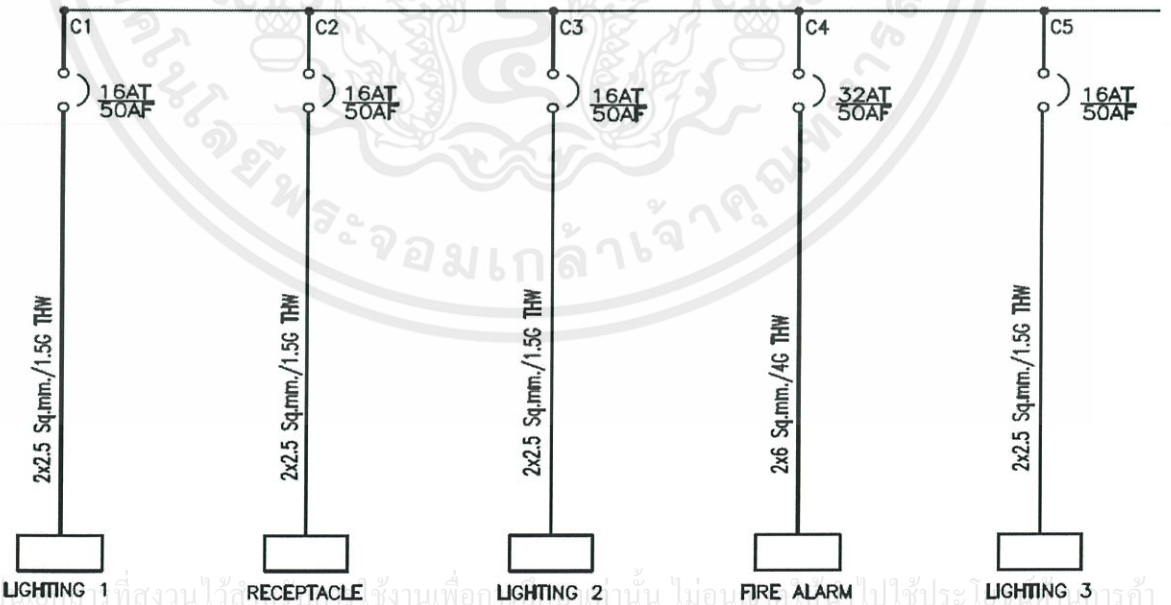
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 วันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LC3



รูปที่ 4.12 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LC3 วงจร(เซอร์กิต)ที่หกถึงสิบสอง



รูปที่ 4.13 รูปขยายของวันไลน์ไดอะแกรมของตู้ LP3 วงจร(เซอร์กิต)ที่หนึ่งถึงห้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

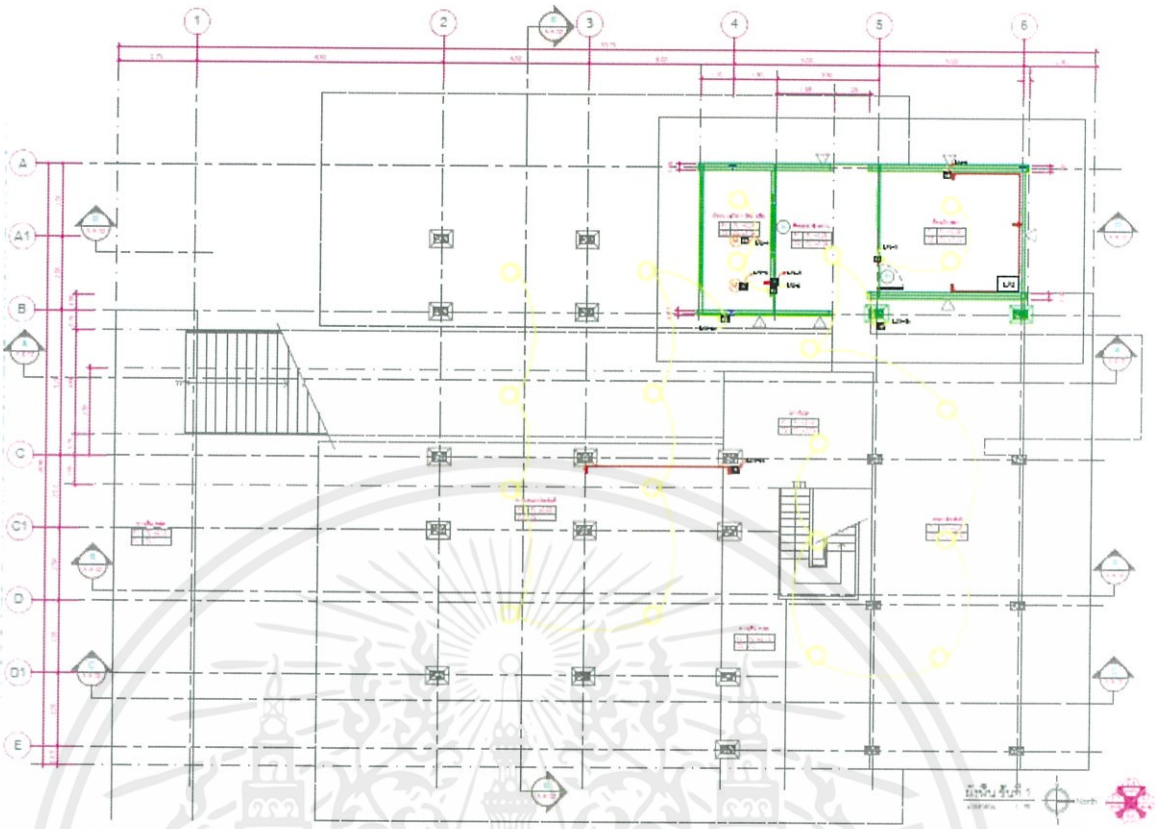
4.5 การเขียนแบบไฟฟ้าภายในอาคาร

ในหัวข้อนี้จะเป็นการแสดงการเขียนแบบไฟฟ้ารวมถึงระบบควบคุมการตัดต่อลงในแบบแปลนของอาคารโดยใช้โปรแกรม AutoCAD แบบไฟฟ้าจะประกอบไปด้วยระบบแสงสว่าง เต้ารับ ระบบปรับอากาศและเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ระบบควบคุมการตัดต่อจะมีการเขียนอุปกรณ์ควบคุมการตัดต่อ Zigbee ลงในแบบแปลน ซึ่งหมายถึงตำแหน่งที่ติดตั้งเทคโนโลยีนั่นเอง โดยแผนผังการวางระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ และอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆจะมีความสอดคล้องกับตารางโหลดที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.3 ตารางที่ 4.13 เป็นตารางแสดงความหมายของสัญลักษณ์ต่างๆที่คณะผู้จัดทำได้ทำขึ้นเพื่อเขียนลงบนแบบแปลน

ตารางที่ 4.13 ความหมายของสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
AC	เครื่องปรับอากาศ
COM	คอมพิวเตอร์
FAN	พัดลม
K	กาต้มน้ำ
	หลอดไฟ LED
	เครื่องปั้มน้ำ(มอเตอร์ไฟฟ้า)
MW	ไมโครเวฟ
	เต้ารับ
R	ตู้เย็น
S	สวิตซ์
TV	โทรทัศน์
WH	เครื่องทำน้ำอุ่น
Z	อุปกรณ์ซิกบี (เทคโนโลยี)
LED	โหลดตกแต่ง

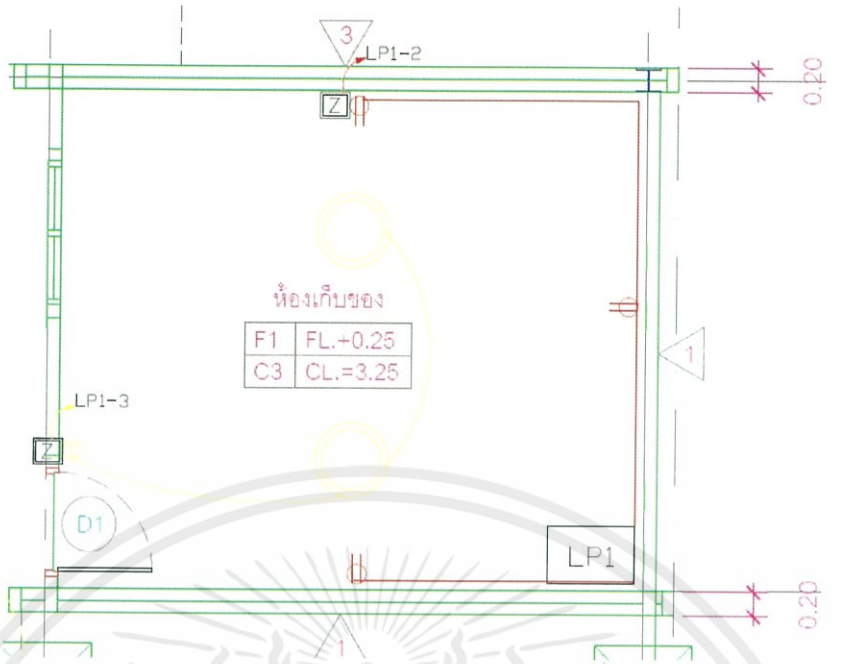
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 1

ในรูปที่ 4.14 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับ มอเตอร์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ซิกบีของอาคาร Future Center ชั้นที่ 1 แบ่งออกเป็น ลานอเนกประสงค์ ห้องวางถังบำบัดน้ำเสีย ที่จอดรถจักรยาน และห้องเก็บของ โดยวงจรระบบแสงสว่าง วงจรระบบเต้ารับ และวงจรมอเตอร์ไฟฟ้า จะถูกแบ่งออกจากกัน แต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

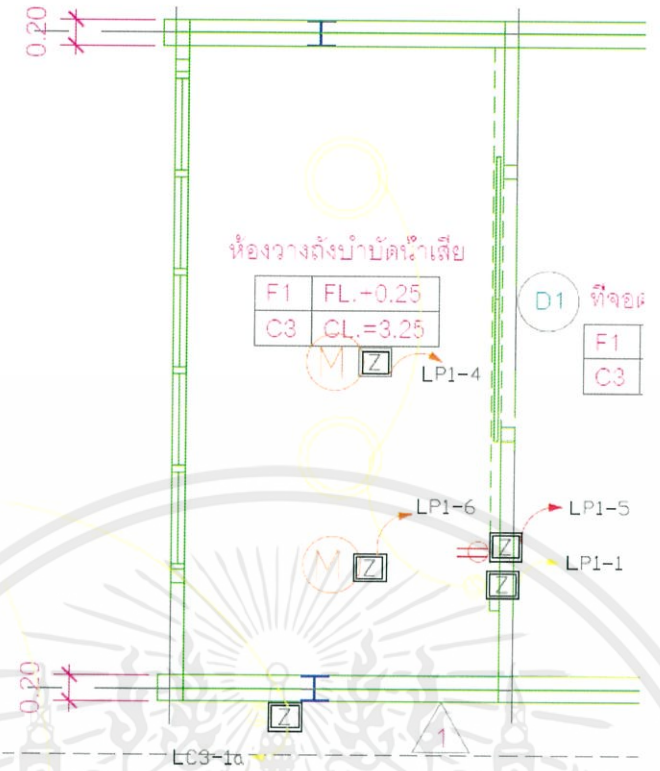
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 1 - ห้องเก็บของ

ในรูปที่ 4.15 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับและอุปกรณ์ซิกบีของห้องเก็บของ ชั้นที่ 1 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างหนึ่งวงจร วงจรระบบเต้ารับอีกหนึ่งวงจร และยังแสดงถึงตำแหน่งของตู้ LP1 แต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

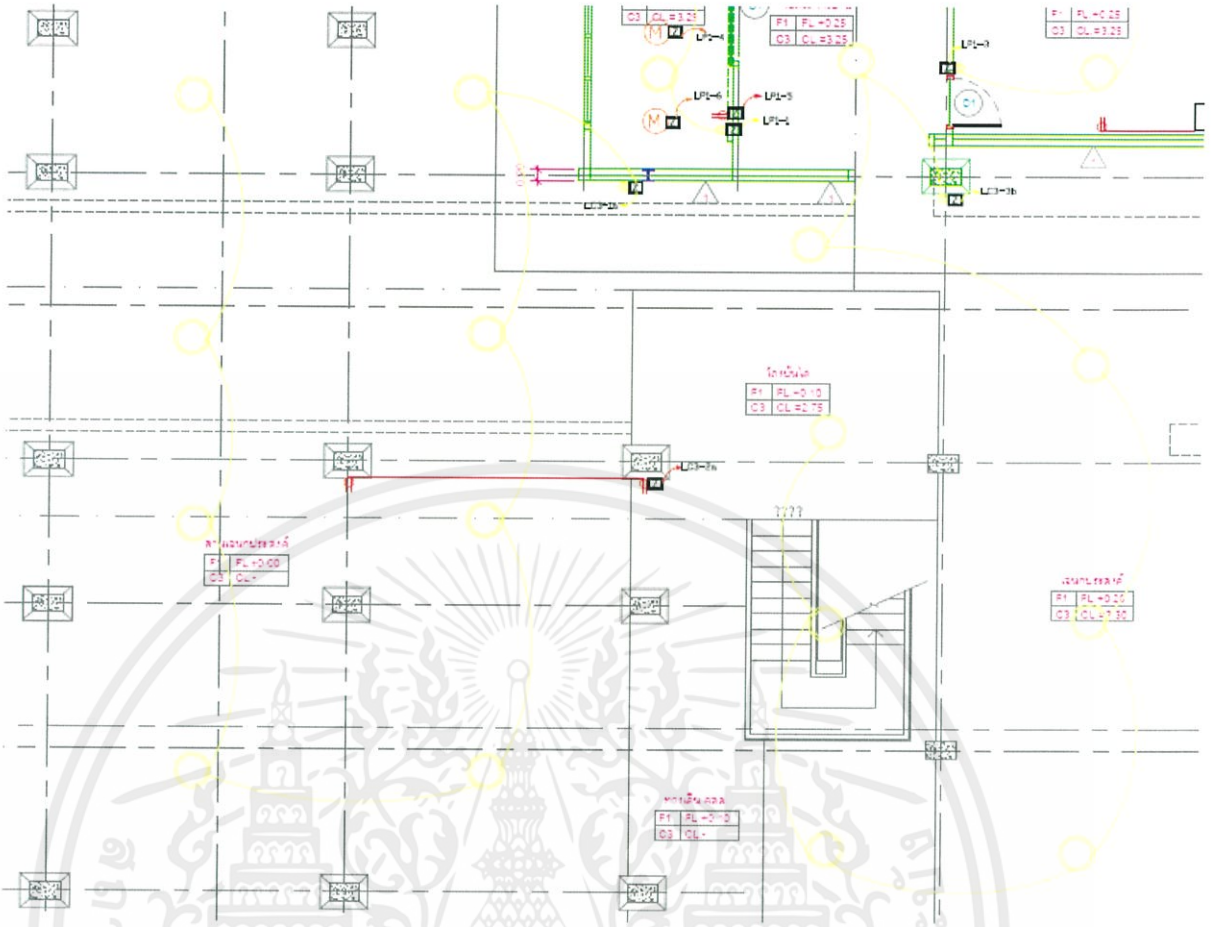
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 1 - ห้องวางถังบำบัดน้ำเสีย

ในรูปที่ 4.16 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับและอุปกรณ์ซิกบีของห้องวางถังบำบัดน้ำเสีย ชั้นที่ 1 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างหนึ่งวงจร วงจรระบบเต้ารับหนึ่งวงจร และวงจรมอเตอร์อีกสองวงจร ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

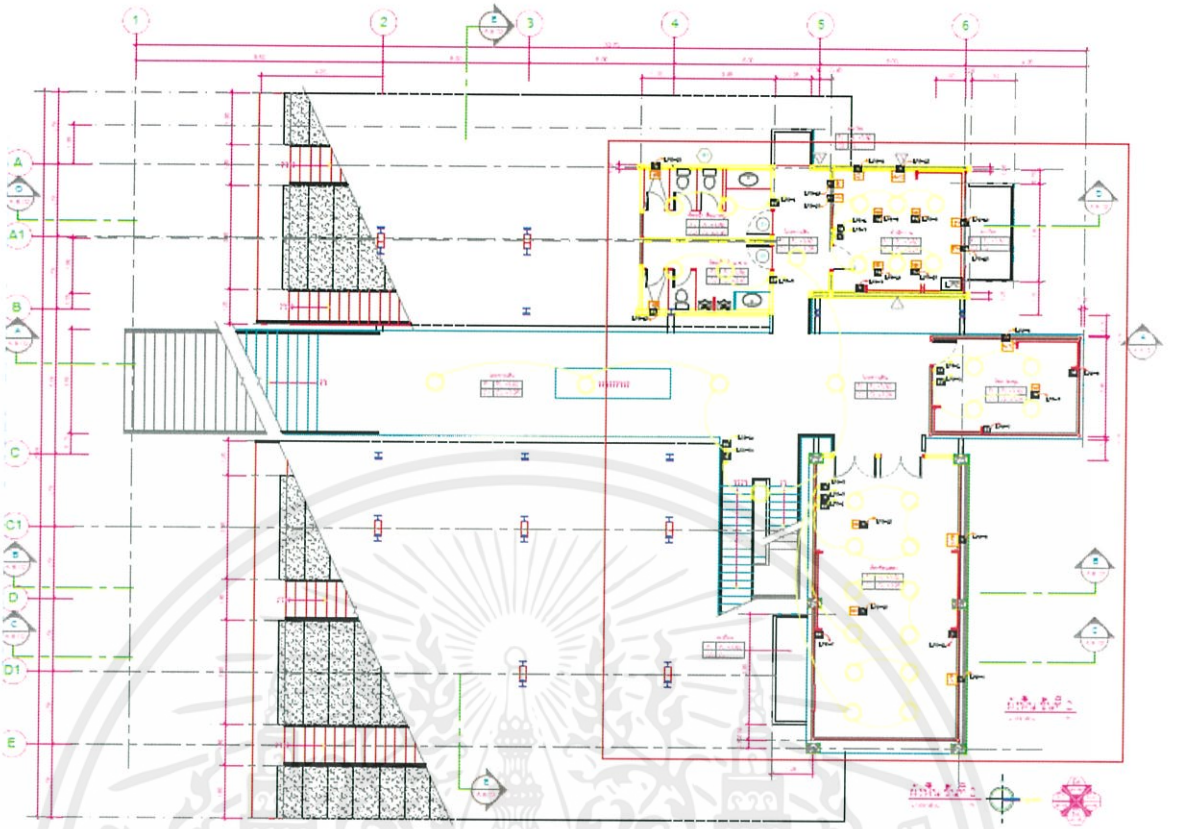
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 1 - ลานอเนกประสงค์และที่จอดรถจักรยาน

ในรูปที่ 4.17 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับและอุปกรณ์ซิกบีของลานอเนกประสงค์และที่จอดรถจักรยาน ชั้นที่ 1 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างสองวงจร วงจรระบบเต้ารับหนึ่งวงจร ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

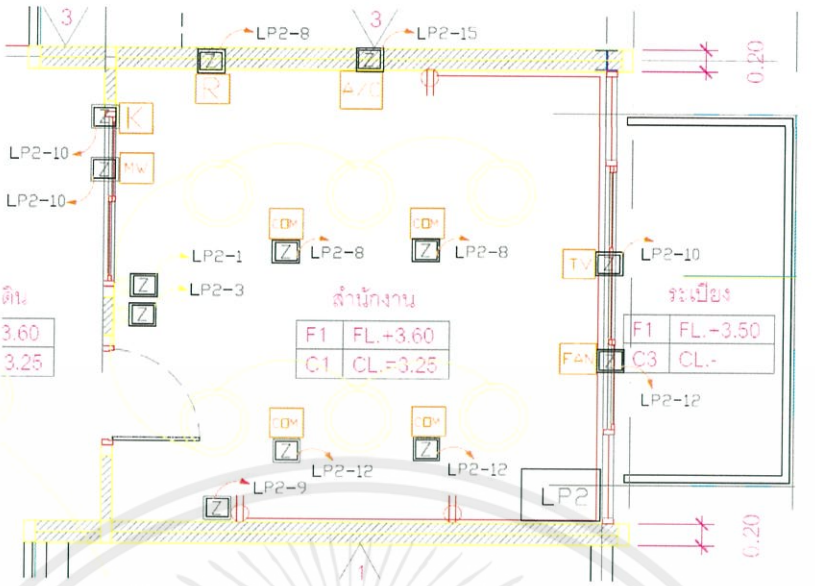
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2

ในรูปที่ 4.18 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่าง เต้ารับระบบปรับอากาศ ระบบเครื่องทำน้ำอุ่น ระบบเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ ซิกบีของอาคาร Future Center ชั้นที่ 2 พื้นที่แบ่งออกเป็นโถงทางเดิน ห้องน้ำสองห้อง ทางเดินหน้าห้องน้ำ ห้องประชุม ห้องสำนักงานและห้องจัดแสดง โดยมีการแบ่งระบบไฟฟ้าออกเป็น วงจรระบบแสงสว่าง วงจรระบบเต้ารับ วงจรระบบปรับอากาศ วงจรเครื่องทำน้ำอุ่น และวงจรอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบี เพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

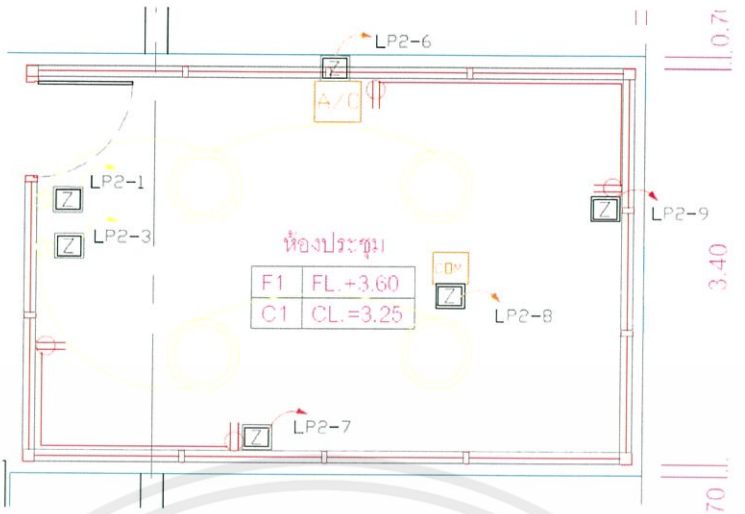
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2 - ห้องสำนักงาน

ในรูปที่ 4.19 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับ เครื่องปรับอากาศ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ซิกบีของห้องสำนักงาน ชั้นที่ 2 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างสองวงจร วงจรระบบเต้ารับหนึ่งวงจร วงจรเครื่องปรับอากาศหนึ่งวงจร วงจรเครื่องใช้ไฟฟ้าสามวงจรและตู้ LP2 ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

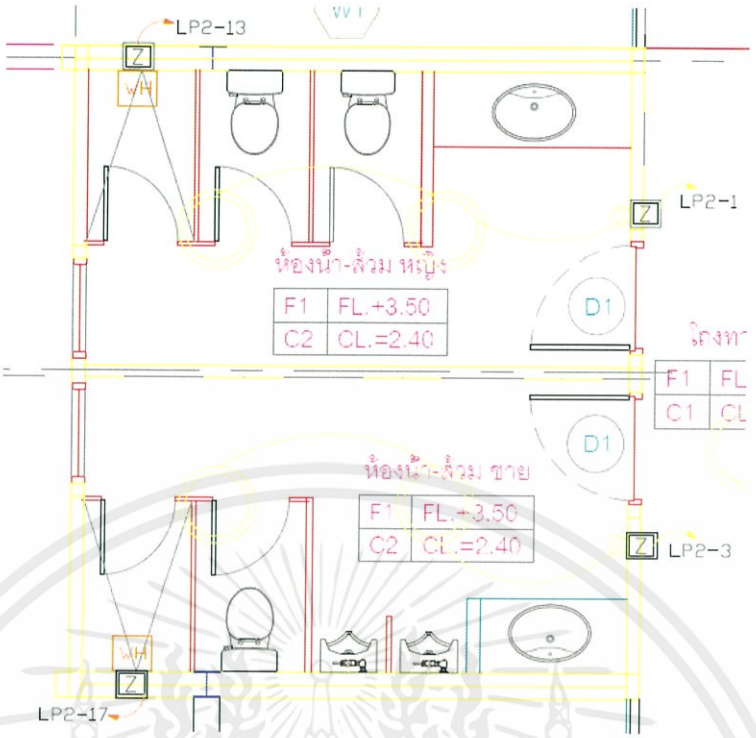
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2 - ห้องประชุม

ในรูปที่ 4.20 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับ เครื่องปรับอากาศ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ซิกบีของห้องประชุม ชั้นที่ 2 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างสองวงจร วงจรระบบเต้ารับสองวงจร วงจรเครื่องใช้ไฟฟ้าหนึ่งวงจร และวงจรเครื่องปรับอากาศอีกหนึ่งวงจร ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

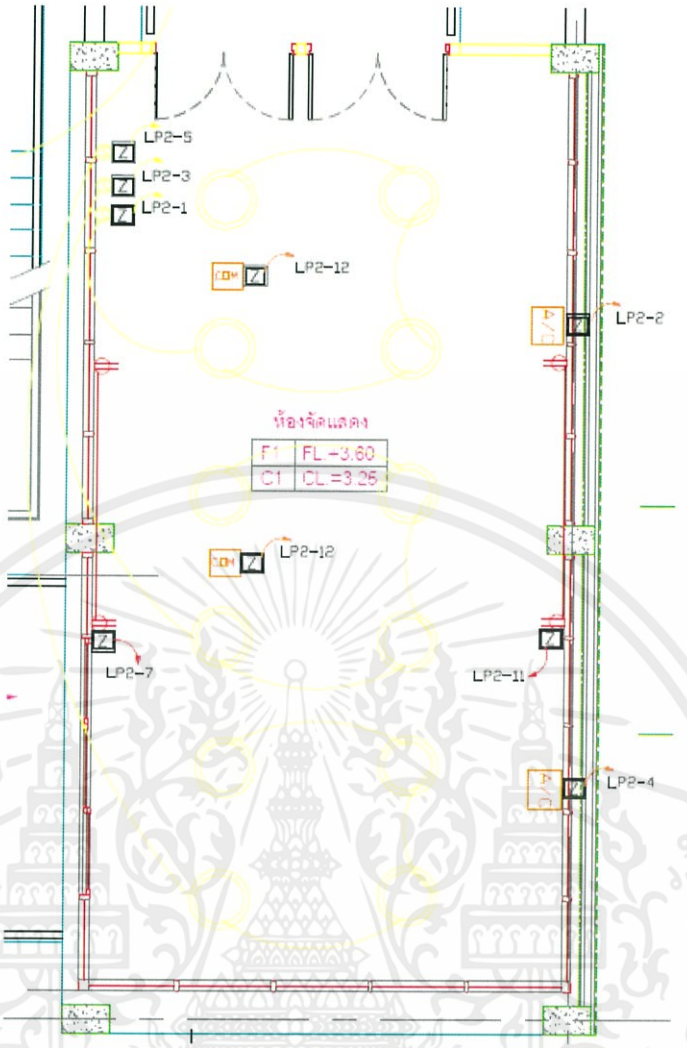
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2 - ห้องน้ำ

ในรูปที่ 4.21 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ซิกบีของห้องน้ำ ชั้นที่ 2 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างสองวงจร และวงจรเครื่องใช้ไฟฟ้าอีกสองวงจร ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

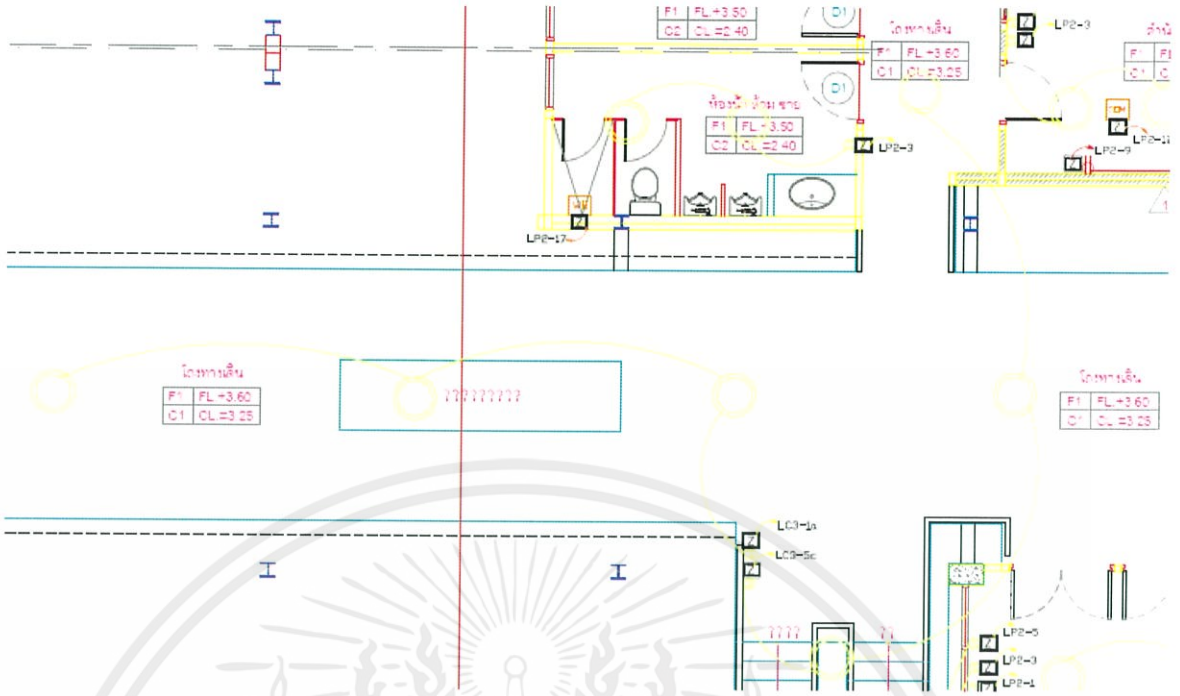
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2 - ห้องจัดแสดง

ในรูปที่ 4.22 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับ เครื่องปรับอากาศ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ซิกบีของห้องจัดแสดง ชั้นที่ 2 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างสามวงจร วงจรระบบเต้ารับสองวงจร วงจรเครื่องใช้ไฟฟ้าสองวงจร และวงจรเครื่องปรับอากาศอีกสองวงจร ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

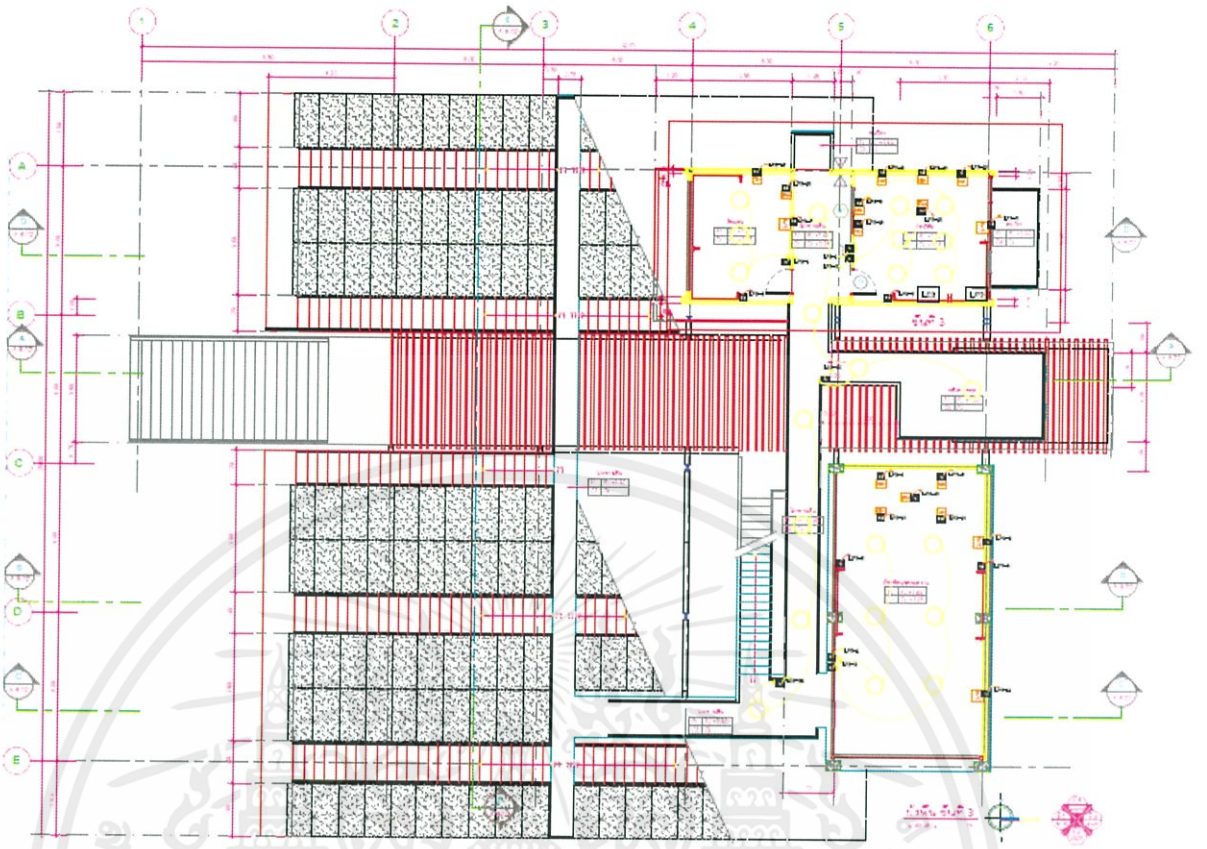
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 2 - โถงทางเดิน

ในรูปที่ 4.23 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่าง และอุปกรณ์ซิกบีของโถงทางเดิน ชั้นที่ 2 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างสองวงจร แต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

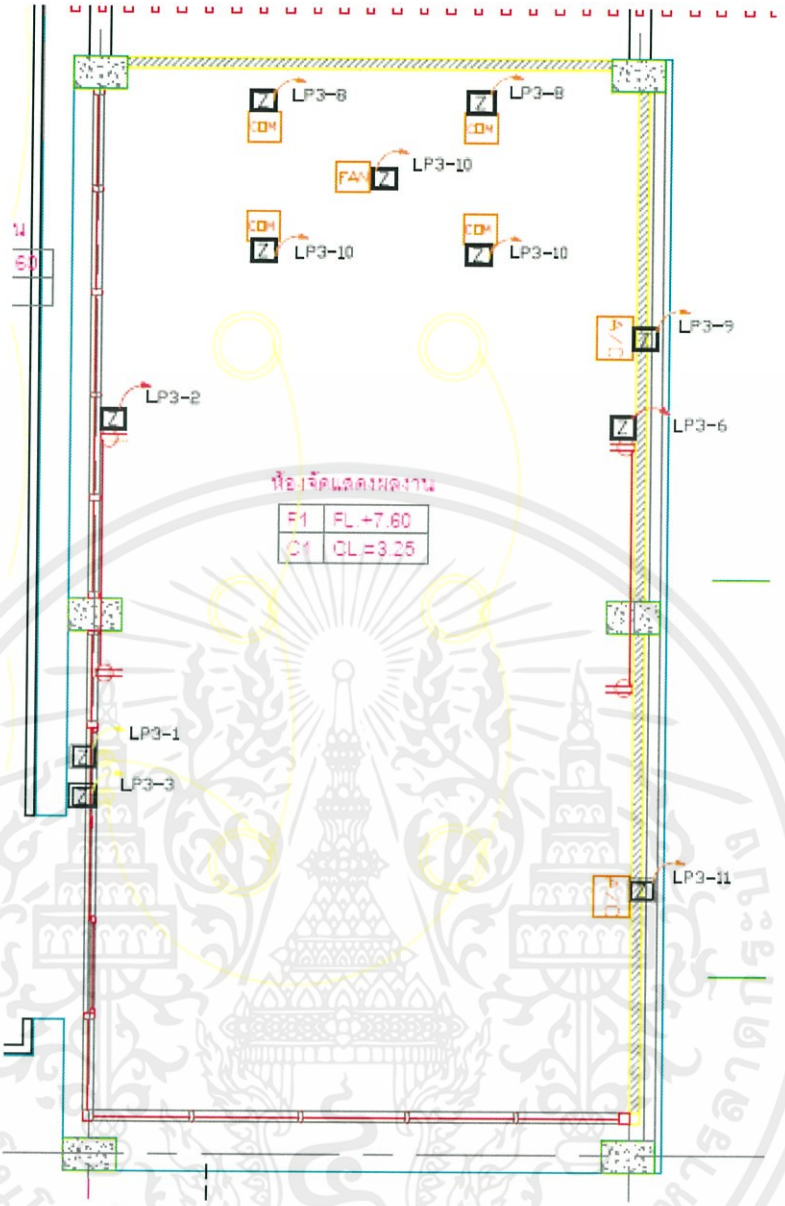
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 3

ในรูปที่ 4.24 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่าง เต้ารับระบบปรับอากาศ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ ซิกบีของอาคาร FutureRenewable Center ชั้นที่ 3 พื้นที่จะแบ่งออกเป็นโถงทางเดิน ห้องควบคุม ห้องวิจัย ห้องนอน และส่วนของหลังคา ระบบไฟฟ้าแบ่งวงจรระบบแสงสว่าง วงจรระบบเต้ารับ วงจรระบบปรับอากาศ และวงจรอุปกรณ์ไฟฟ้า แต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

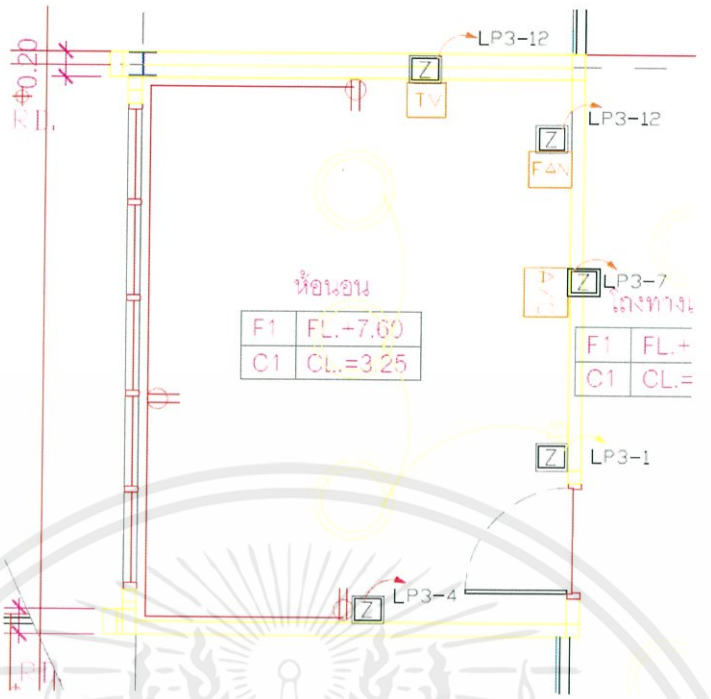
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 3 - ห้องควบคุม

ในรูปที่ 4.25 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับ เครื่องปรับอากาศ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ซิกบีของห้องควบคุม ชั้นที่ 3 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างสองวงจร วงจรระบบเต้ารับสองวงจร วงจรเครื่องใช้ไฟฟ้าสองวงจร และวงจรเครื่องปรับอากาศอีกสองวงจร ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

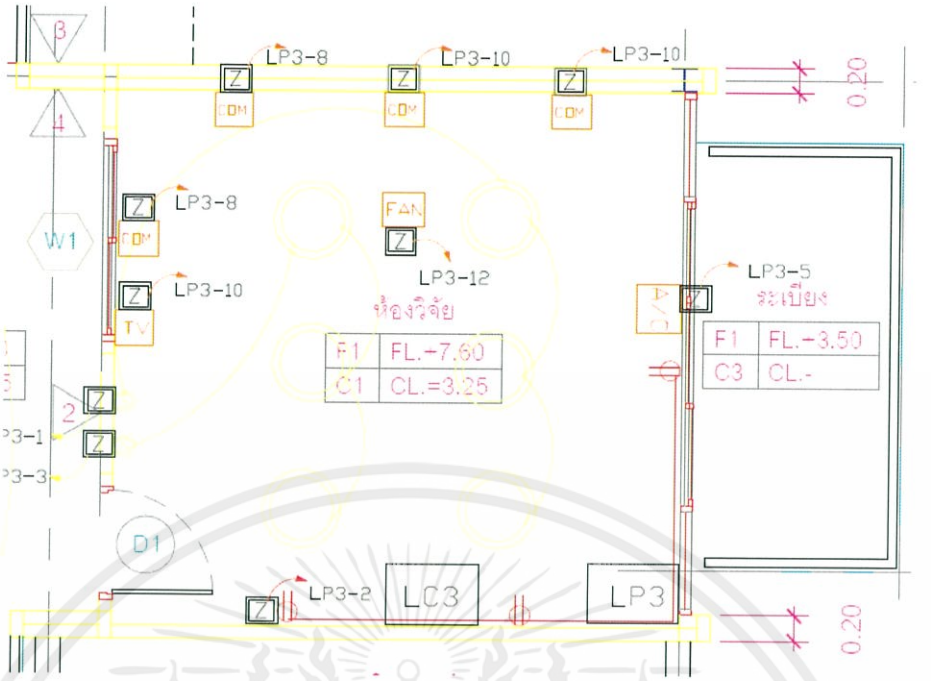
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 3 - ห้องนอน

ในรูปที่ 4.26 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับ เครื่องปรับอากาศ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ซิกบีของห้องนอน ชั้นที่ 3 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างหนึ่งวงจร วงจรระบบเต้ารับหนึ่งวงจร วงจรเครื่องใช้ไฟฟ้าหนึ่งวงจร และวงจรเครื่องปรับอากาศอีกหนึ่งวงจร ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

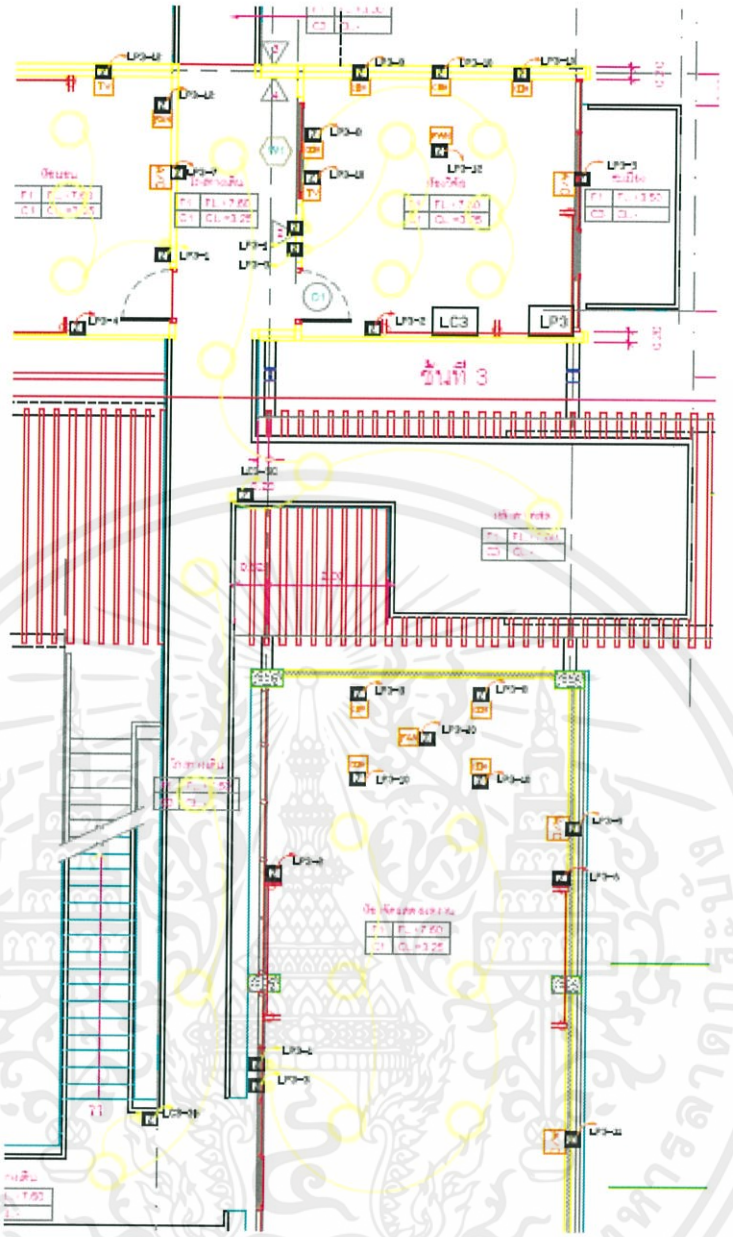
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 3 - ห้องวิจัย

ในรูปที่ 4.27 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่างเต้ารับ เครื่องปรับอากาศ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ซิกบีของห้องวิจัย ชั้นที่ 3 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างสองวงจร วงจรระบบเต้ารับหนึ่งวงจร วงจรเครื่องปรับอากาศหนึ่งวงจร วงจรเครื่องใช้ไฟฟ้าอีกสามวงจร ตู้ LP3 และ LC3 ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

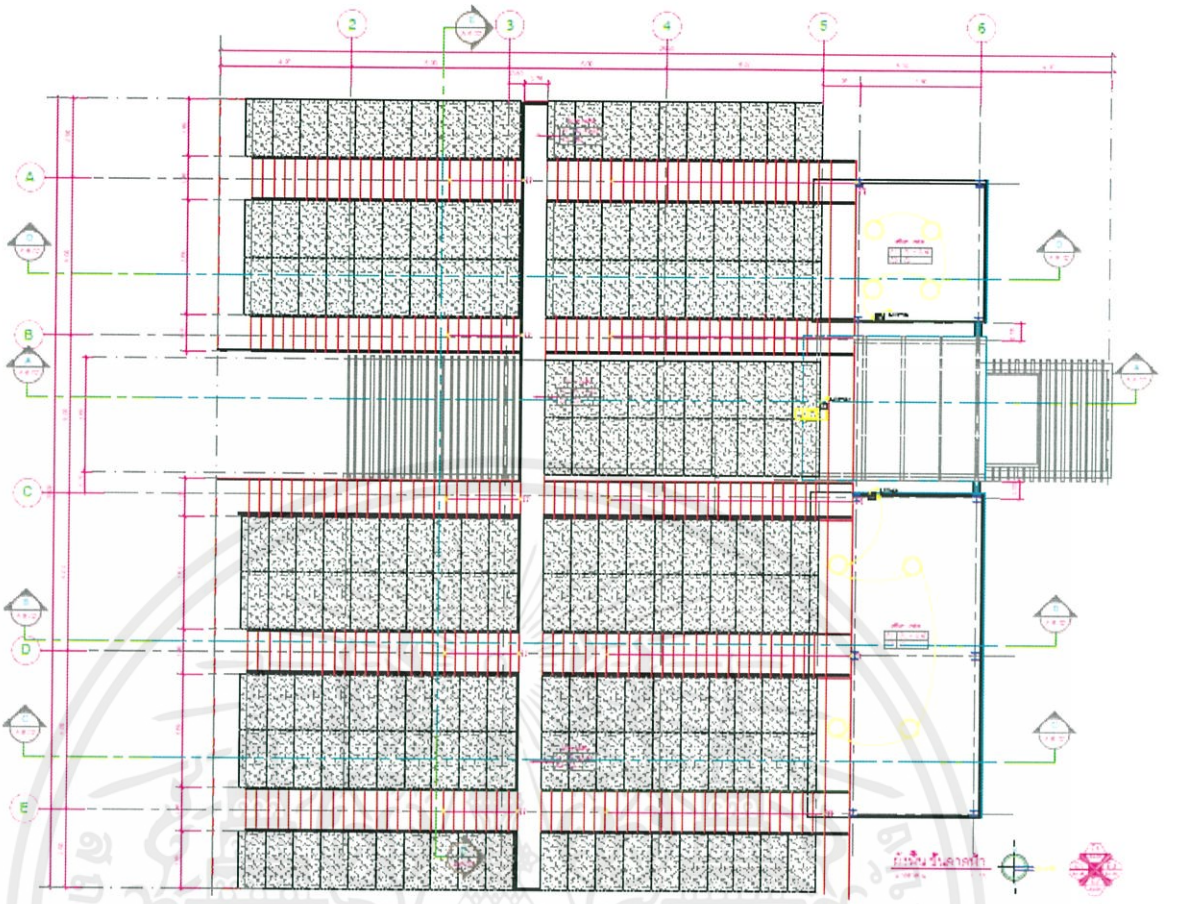
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นที่ 3 - โถงทางเดิน

ในรูปที่ 4.28 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่าง และอุปกรณ์ซิกบีของโถงทางเดิน ชั้นที่ 3 โดยแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่างสองวงจร แต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบี เพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



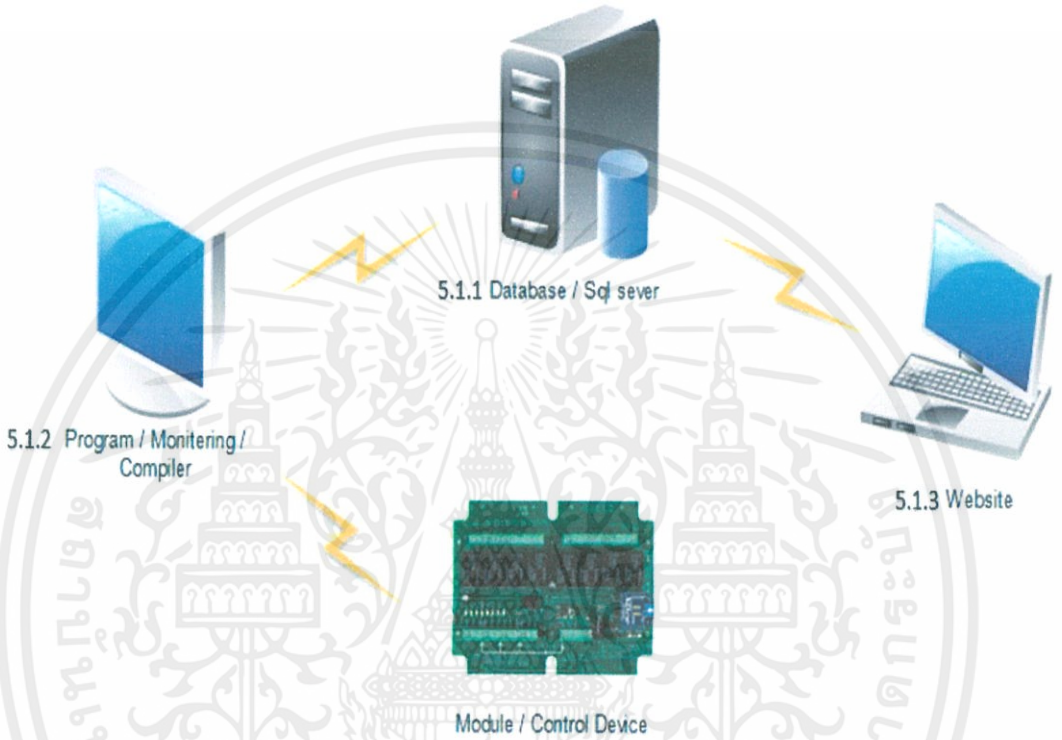
รูปที่ 4.29 แบบไฟฟ้าภายในอาคารชั้นดาดฟ้า

ในรูปที่ 4.29 เป็นแบบแปลนแผนผังของระบบแสงสว่าง โหลดตกแต่งและอุปกรณ์ซิกบีของอาคาร Future Center ชั้นดาดฟ้า จะแบ่งหลังคาออกเป็นสองฝั่ง โดยระบบไฟฟ้าแบ่งเป็นวงจรระบบแสงสว่าง หลังคาฝั่งละหนึ่งวงจร และโหลดตกแต่งอีกหนึ่งวงจร ซึ่งแต่ละวงจรย่อยจะต่อคู่กับอุปกรณ์ซิกบีเพื่อใช้ในการควบคุมการตัดต่อระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การออกแบบและเขียนโปรแกรม

5.1 โครงข่ายระบบ Monitoring ของระบบควบคุม Zigbee

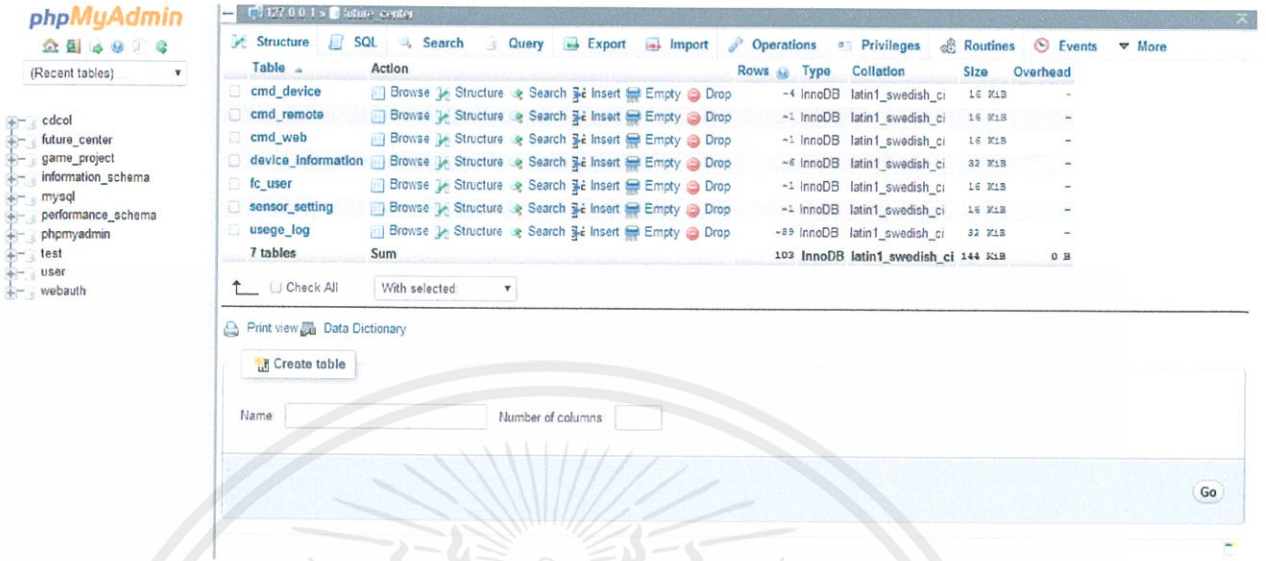


รูปที่ 5.1 แผนผังส่วนประกอบของระบบควบคุม

ในส่วนของการควบคุม ระบบควบคุมนั้นจะมีการทำงานเป็นขั้นตอน โดยสถานะของตัวโมดูล “Module” นั้นจะถูกส่งไปที่คอมพิวเตอร์ เพื่อไปวิเคราะห์และทำการคำนวณ , แสดงผล , สั่งการ และ เชื่อมต่อฐานข้อมูล เพื่อรับคำสั่งและเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูล จากนั้นก็ใช้เว็บไซต์เพื่อแสดงผลข้อมูลและสั่งการระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1 ส่วนฐานข้อมูล SQL (ผ่านโปรแกรม phpMyAdmin)



รูปที่ 5.2 โปรแกรม “phpMyAdmin” ที่ใช้จัดการฐานข้อมูล “SQL”

ฐานข้อมูล SQL ทำหน้าที่เป็นสื่อการในการติดต่อสื่อสารข้อมูล ระหว่างส่วนโปรแกรมและส่วนเว็บไซต์ มีองค์ประกอบ ได้แก่ ฐานข้อมูล , ตาราง และ คอลัมน์

5.1.1.1 ฐานข้อมูล

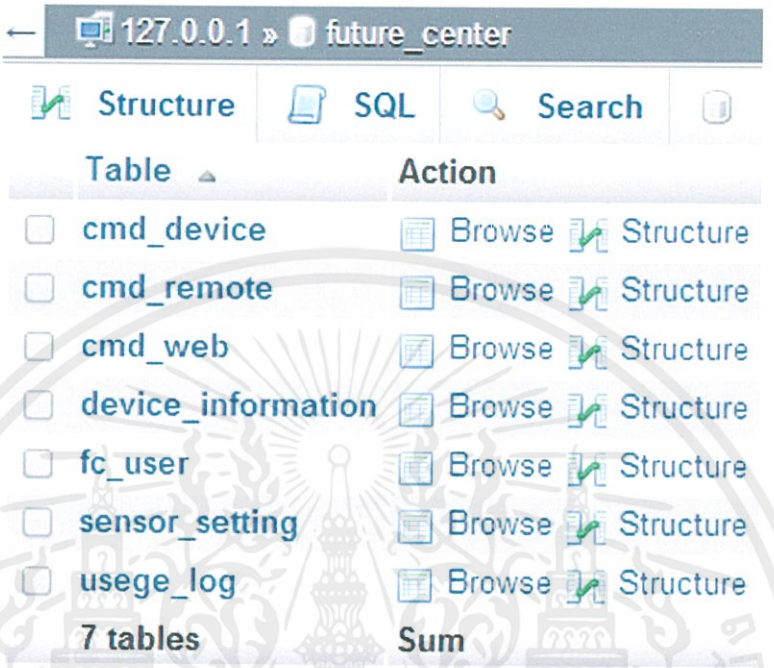
โดยฐานข้อมูล จะประกอบด้วยข้อมูลตารางต่างๆ ในที่นี้จะใช้ฐานข้อมูล future_center” ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่จำลองขึ้น ประกอบไปด้วยตารางต่างๆ

รูปที่ 5.3 รายชื่อฐานข้อมูล ใน “phpMyAmin”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.2 ตาราง

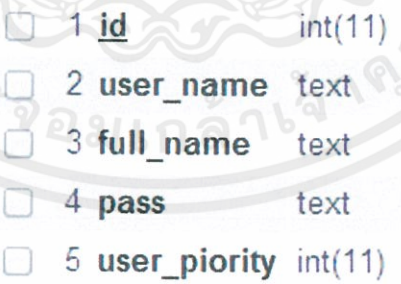
ตารางจะประกอบไปด้วย คอลัมน์ต่างๆ ซึ่งสามารถเข้าไปดู คอลัมน์ ได้โดยกดปุ่ม “Browse”



รูปที่ 5.4 รายชื่อตาราง ใน “phpMyAmin”

5.1.1.3 คอลัมน์

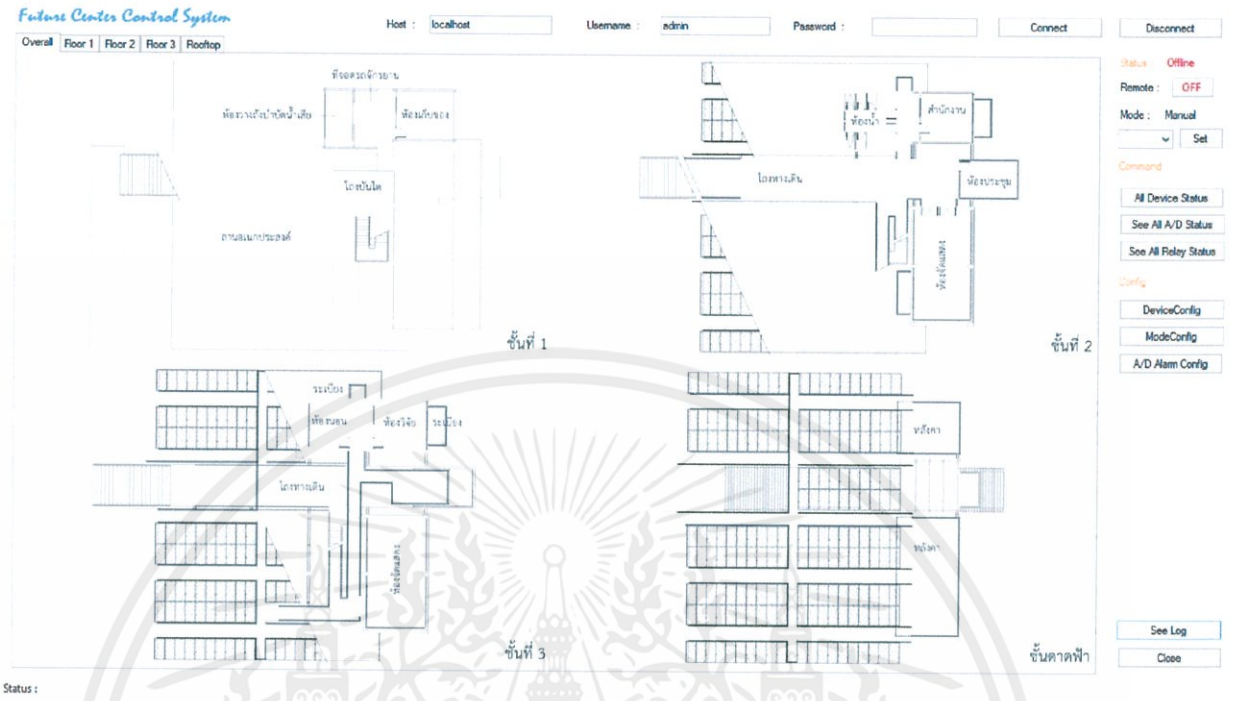
คอลัมน์ต่างๆ ยกตัวอย่าง คอลัมน์ “fc_user” ประกอบไปด้วย id,user_piority เป็นประเภท จำนวนเต็ม , user_name,full_name,pass เป็นประเภทชุดตัวอักษร



รูปที่ 5.5 รายชื่อคอลัมน์ใน “phpMyAmin”

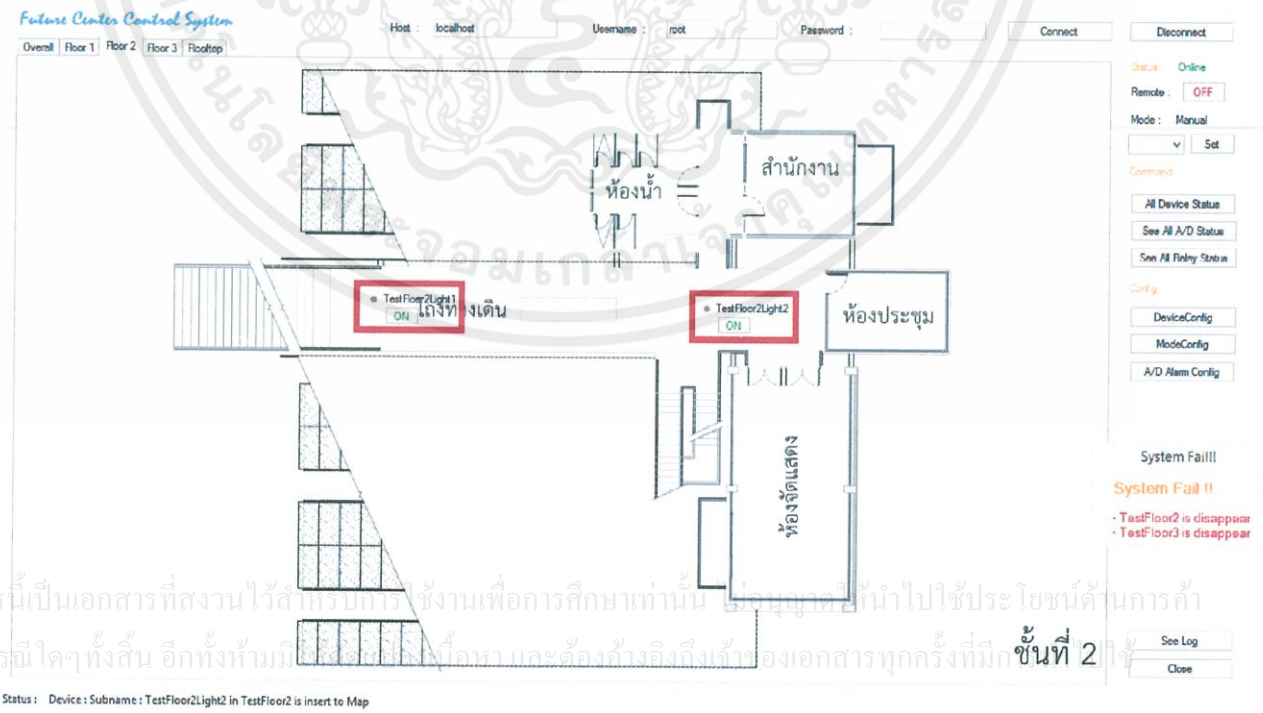
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ส่วนโปรแกรม



รูปที่ 5.6 รายละเอียดหน้าจอโปรแกรมควบคุม

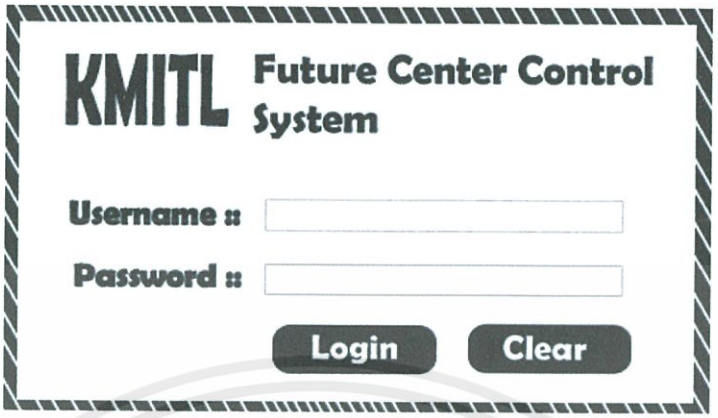
โปรแกรมนี้ทำหน้าที่ควบคุมระบบ ประมวลผล และ รับค่าส่งค่ากันระหว่างฐานข้อมูล และ อุปกรณ์ Zigbee และรับคำสั่งจากฐานข้อมูล ในส่วนการใช้งานจะอยู่ในหัวข้อถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

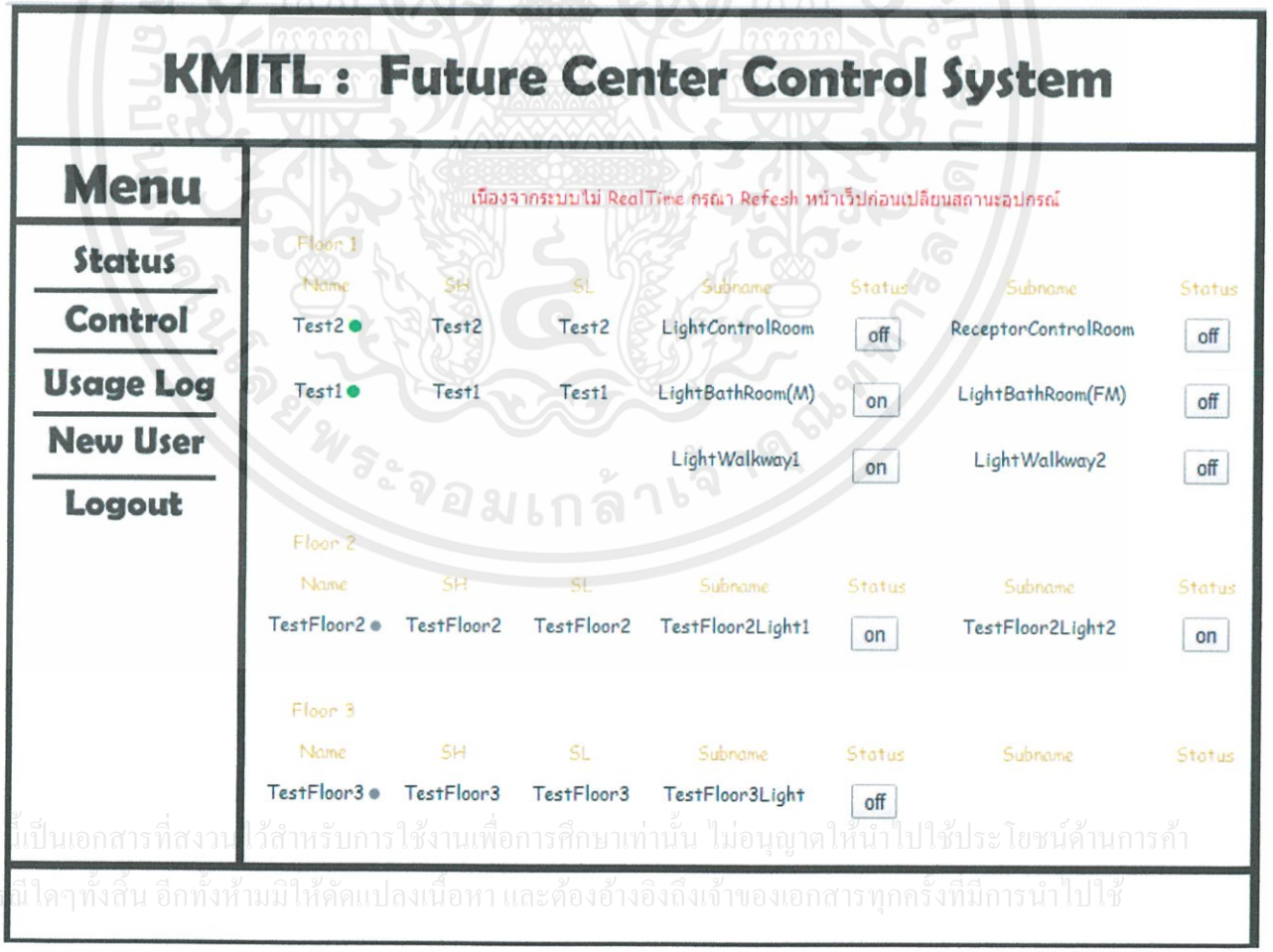
รูปที่ 5.7 ตัวอย่างการแสดงสถานะของอุปกรณ์ภายในโปรแกรม

5.1.3 ส่วนเว็บไซต์



รูปที่ 5.8 หน้าจอส่วนรักษาความปลอดภัยภายในส่วนเว็บไซต์

เว็บไซต์เป็นส่วน รับคำสั่งและแสดงผล ข้อมูล โดยจะเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลเพื่อส่งคำสั่งหรือนำข้อมูลมาแสดงผล โดยมีระบบรักษาความปลอดภัยโดยเข้ารหัสไว้ ในส่วนการใช้งานจะอยู่ในหัวข้อถัดไป

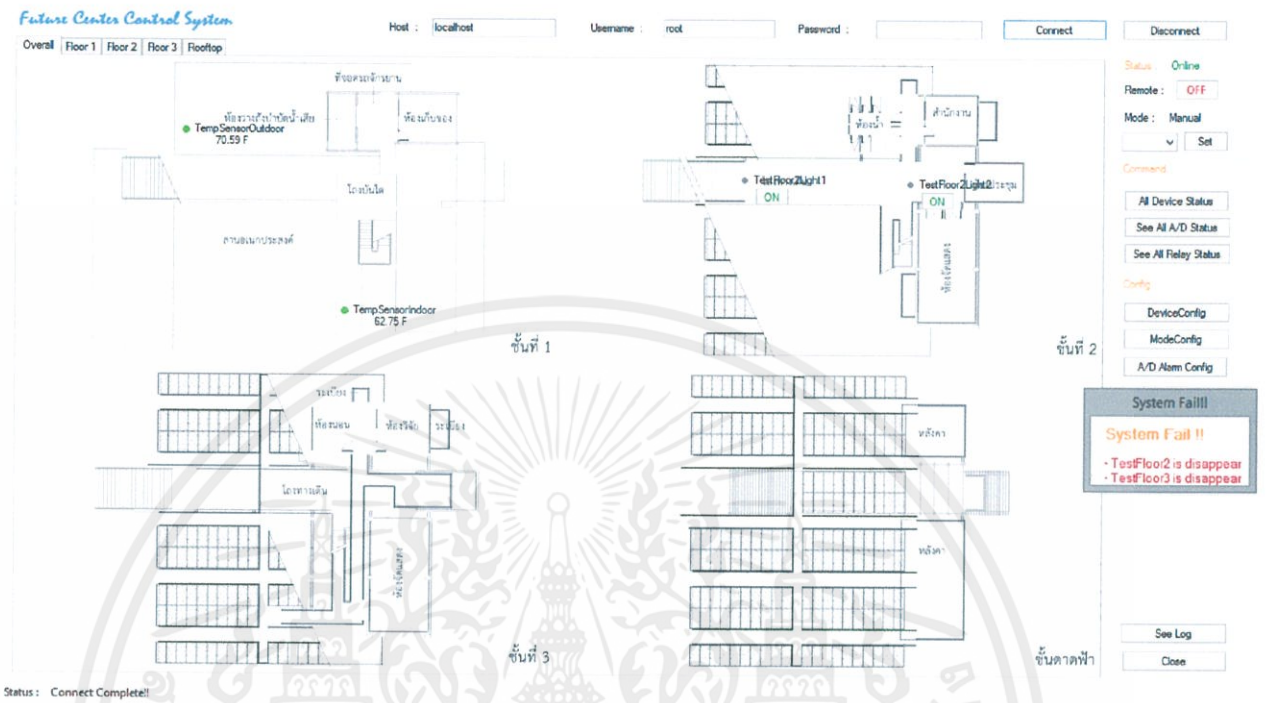


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.9 ตัวอย่างการแสดงสถานะอุปกรณ์ภายในเว็บไซต์

5.2 โปรแกรมควบคุมที่เขียนด้วยภาษา C#

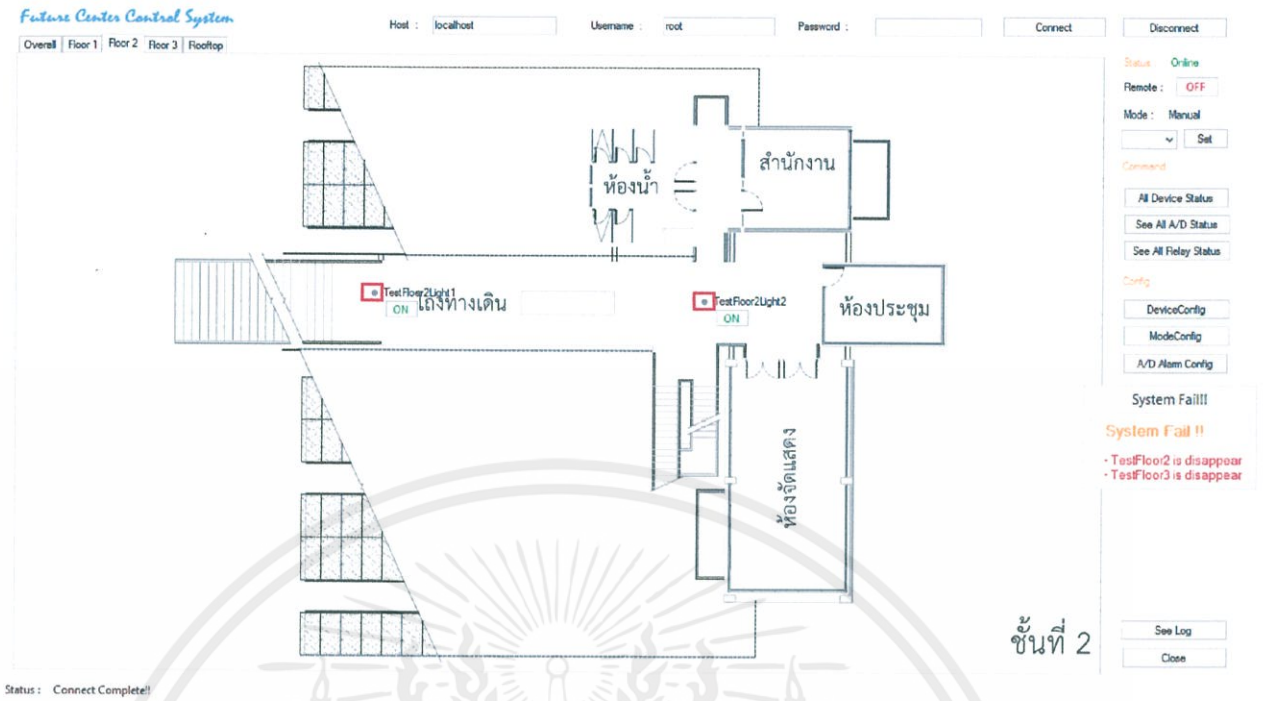
5.2.1 อินเตอร์เฟสโปรแกรมควบคุม



รูปที่ 5.10 อินเตอร์เฟสโปรแกรมควบคุม/ประมวลผล

ส่วนของโปรแกรมควบคุม/ประมวลผลนั้น มีอินเตอร์เฟส ดังรูปที่ 5.10 ซึ่งมีฟังชั่นการใช้งาน หลักๆ คือแสดงผล ข้อมูลที่ได้รับมาจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูล ในที่นี้คือ ซิกบี ซึ่งจะมี 2 ประเภท คือ ค่าสถานะ เปิด/ปิดของอุปกรณ์ต่างๆ และ ข้อมูลของเซนเซอร์ต่างๆ ซึ่งแปลงจากอนาลอกเป็นดิจิตอลแล้ว มาแสดงผล และ มีระบบเตือนเมื่อระบบล้มเหลว ซึ่งจะแสดงสถานะของอุปกรณ์ต่างๆที่ผิดปกติในระบบ เช่น การเชื่อมต่อขาดหาย เกิดการเตือนหรือการทริป ในระบบ ซึ่งสามารถตั้งค่าต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 แผนที่และการแสดงสถานะของระบบ แบบ Real time

สถานะต่างๆ ในระบบนั้นจะแสดงบน แผนที่ของอาคาร ดังรูป 5.11 ซึ่งตามภาพตัวอย่างนั้น แสดงสถานะ ว่า อุปกรณ์ เชื่อมต่ออยู่ในระบบหรือไม่ด้วย แบบ Real time

- จุดสีเทา คือ อุปกรณ์ขาดการเชื่อมต่อกับระบบ
- จุดสีเขียว คือ อุปกรณ์ยังคงเชื่อมต่ออยู่กับระบบ

โดยข้างๆจุดแสดงสถานะเป็นชื่อของอุปกรณ์นั้นๆ และใต้ชื่อนั้นจะมีสถานะ 2 ประเภทคือ

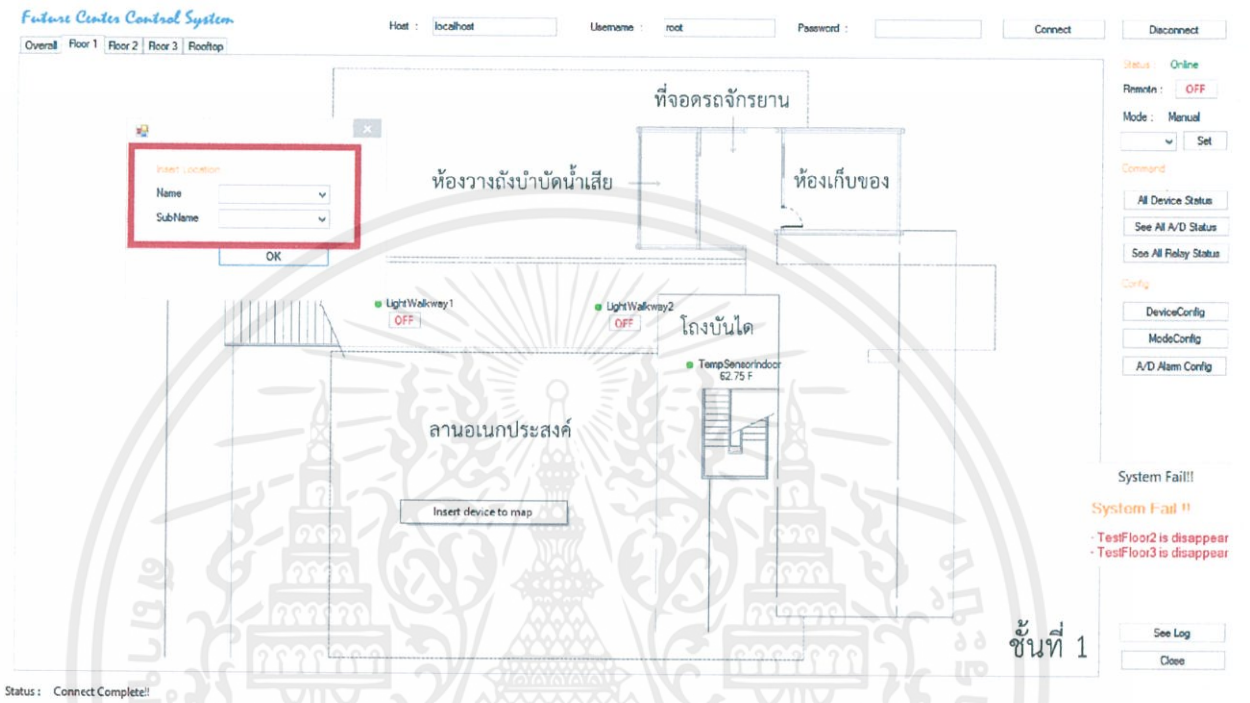
- สถานะการเปิด/ปิด
- ค่าของ เซนเซอร์ต่างๆแสดงอยู่

ซึ่งสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์นั้นเราสามารถควบคุม/สั่งการ เปิด/ปิดได้โดยการกดไปที่ ปุ่มสถานะ “On” หรือ “Off” เพื่อกลับสถานการณ์เปิดปิดอุปกรณ์ได้โดยตรง โดยการเพิ่มหรือลดอุปกรณ์ที่โชว์บนแผนที่ นั้นสามารถทำได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปในแผนที่

ทำได้โดยการ คลิกเมาส์ขวาที่แผนที่ จากนั้นเลือก “insert device to map” จากนั้น เลือกอุปกรณ์ของระบบที่มีอยู่ในฐานข้อมูลระบบ (ฐานข้อมูลระบบจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป) โดยเลือก ชื่ออุปกรณ์ (Name) และ ชื่อรองของอุปกรณ์ (Sub-Name) ดังรูปที่ 5.12

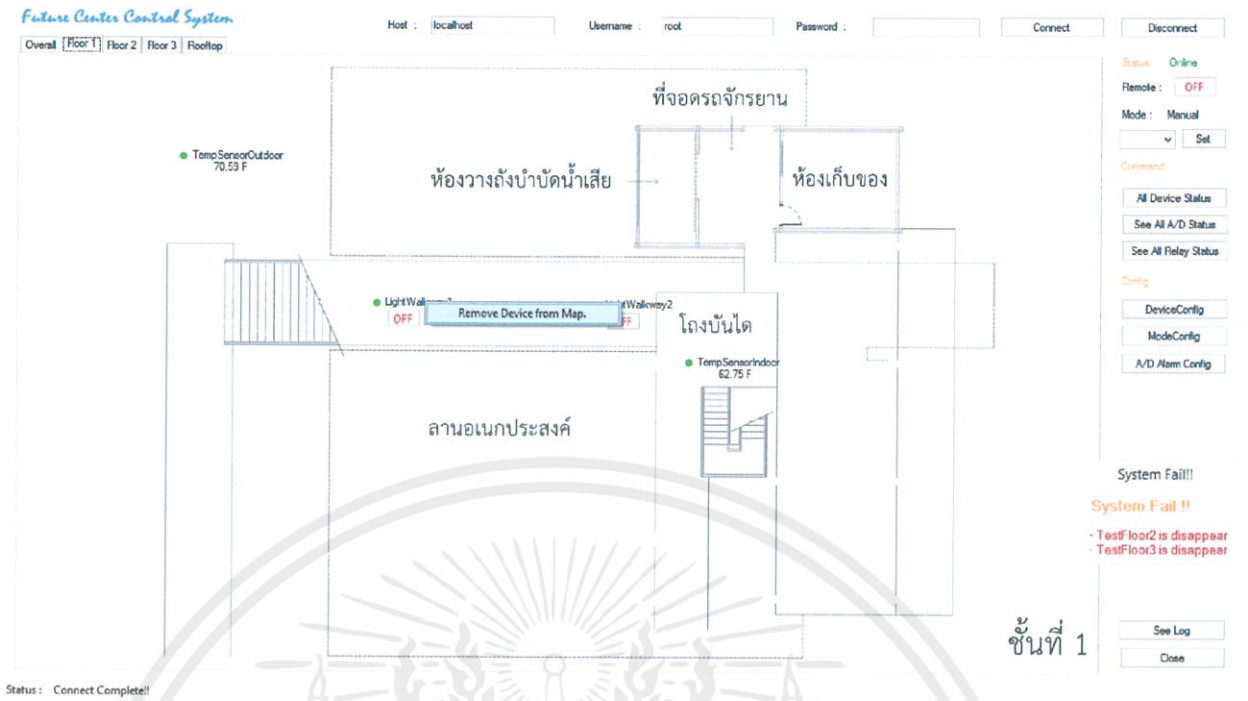


รูปที่ 5.12 การเพิ่มอุปกรณ์ลงบนแผนที่

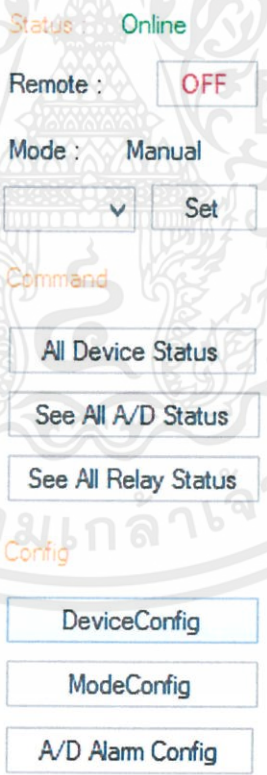
5.2.3 การลบอุปกรณ์ออกจากแผนที่

ทำได้โดยการ คลิกเมาส์ขวา ที่ชื่ออุปกรณ์นั้นๆ แล้วเลือก “Remove Device from Map.” ดังรูปที่ 5.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 การลบอุปกรณ์ออกจากแผนที่

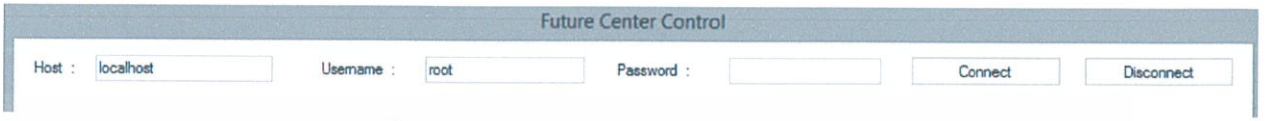


รูปที่ 5.14 เมนูควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 เมนูคำสั่งและสถานะต่างๆในโปรแกรม ระบบที่แสดง ดังรูปที่ 5.14

5.2.4.1 Status จะเป็นการ แสดงสถานะการเชื่อมต่อฐานข้อมูลระบบ (โดยผ่าน ชื่อผู้ใช้ และ รหัสผ่าน ก่อน) โดยเข้าสู่ระบบด้วยปุ่ม “Connect” และออกจากระบบด้วยปุ่ม “Disconnect” เป็นดังรูปที่ 5.15



รูปที่ 5.15 การเข้าสู่ระบบและออกจากระบบ

5.2.4.2 Mode แสดงการใช้งานระบบว่าอยู่ในโหมดใด โดยในที่นี้ มีโหมดควบคุมอยู่ 4 โหมดหลัก คือ

- SA คือ Stand Alone เป็นโหมดที่ระบบจะควบคุมโหลดในอาคารและนอกอาคารเพื่อให้อาคาร Future Center นั้นอยู่รอดได้โดยไม่พึ่งไฟจากการไฟฟ้า
- MI คือ Minimize Import เป็นโหมดประหยัดพลังงาน เพื่อให้ระบบรับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าน้อยที่สุด
- MP คือ Maximize Profit เป็นโหมดที่ขายไฟจากระบบ ที่เหลือใช้
- Manual คือระบบควบคุมด้วยมือ

<u>เพิ่มเติม</u> ระบบนั้นจะประกอบไปด้วย แผงโซล่า และ กังหันลม จึงสามารถผลิตไฟฟ้าเองได้

ซึ่งการเปลี่ยนโหมดนั้น ทำได้โดย การเลือกโหมดแล้วกดปุ่ม “Set” ดังรูปที่ 5.16

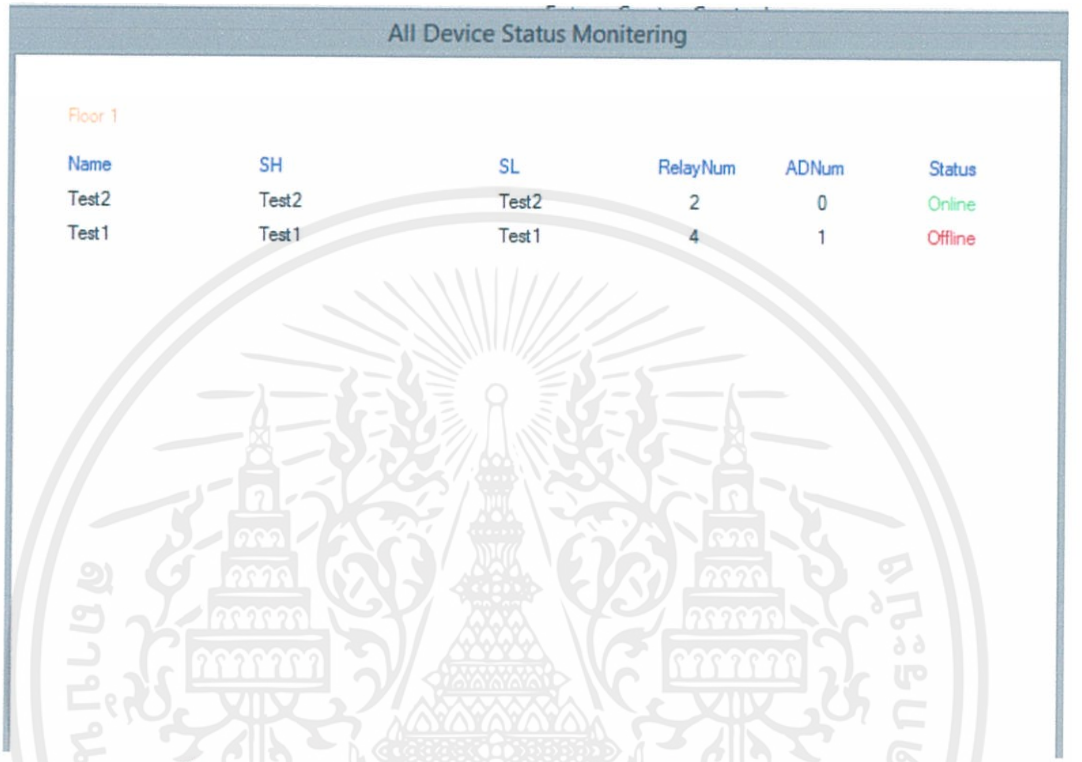
รูปที่ 5.16 การเปลี่ยนโหมด

5.2.4.3 ปุ่ม “AllDeviceStatus” นั้นจะแสดงหน้าจอแสดงผลสถานะของอุปกรณ์ทั้งหมดที่อยู่ในระบบ โดยบอกข้อมูลของอุปกรณ์และสถานะการเชื่อมต่ออุปกรณ์กับระบบ แบบ Realtime แสดงดังรูปที่ 5.17

- Floor แสดงถึงอุปกรณ์นั้นอยู่ชั้นใดในอาคาร
- Name แสดงถึงชื่ออุปกรณ์ในระบบ
- SH,SL แสดงถึง Address ของ Zigbee นั้นๆ เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RelayNum แสดงจำนวน Relay ที่สามารถสั่ง เปิด/ปิด ได้บนอุปกรณ์ Zigbee หนึ่งๆ
- ADNum แสดงจำนวนข้อมูล เซนเซอร์ ของอุปกรณ์ Zigbee หนึ่งๆ
- Status แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Zigbee หนึ่งๆ กับระบบควบคุม

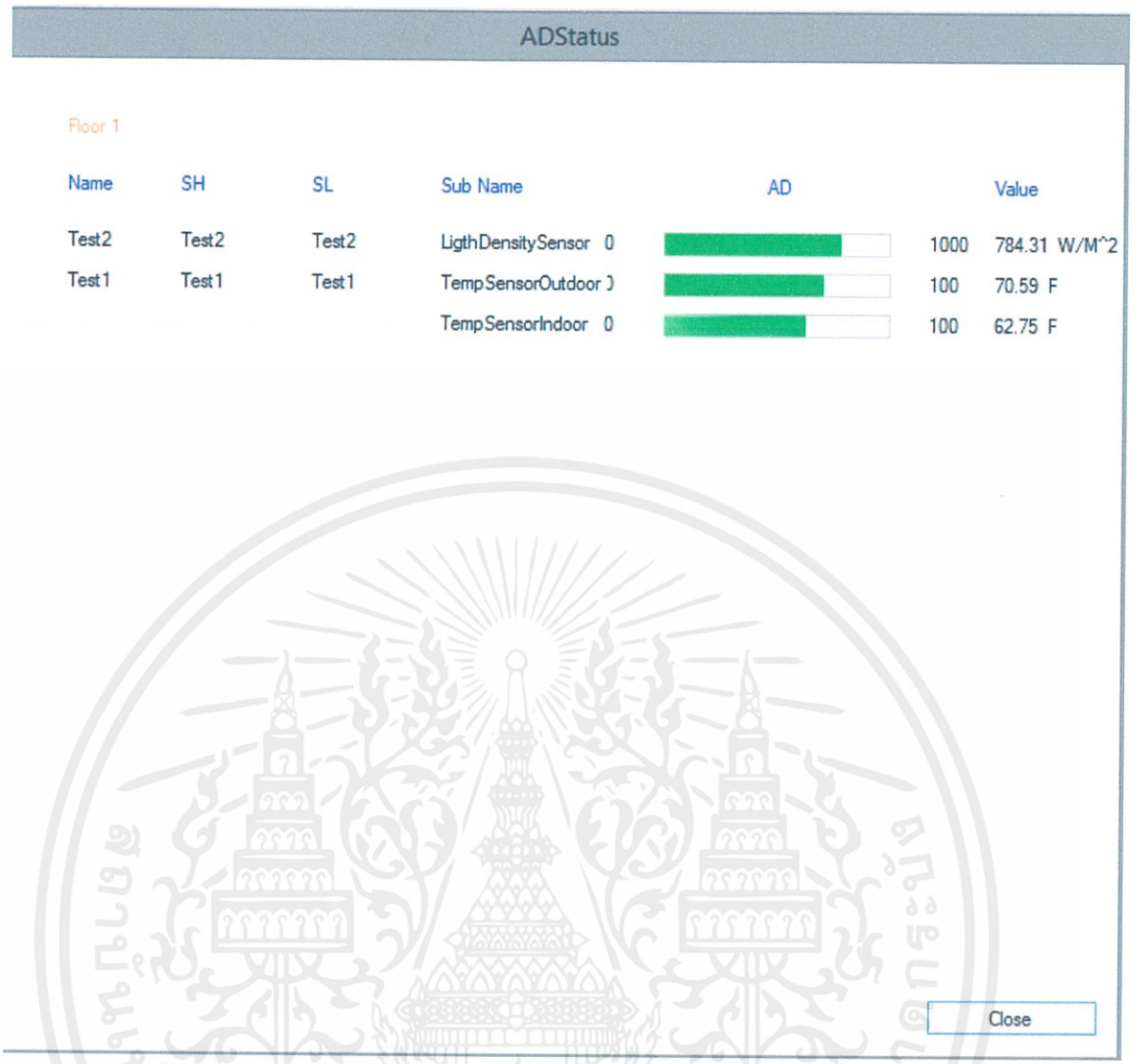


รูปที่ 5.17 หน้าจอแสดงผลสถานะของอุปกรณ์ทั้งหมดแบบ Real time

5.2.4.4 ปุ่ม “See All A/D Status” นั้นจะแสดงหน้าจอแสดงผลข้อมูลเซนเซอร์ทั้งหมดที่อยู่ในระบบ แบบ Real time แสดงดังรูปที่ 5.18

- Name คือชื่อของอุปกรณ์
- SH,SL Address ของอุปกรณ์ Zigbee หนึ่งๆ
- Subname ชื่อย่อยของอุปกรณ์
- AD แสดงแถบ (อนุมานได้ว่าเป็น มิเตอร์แบบ อนาลอก) ค่าที่เซนเซอร์อ่านได้ โดยมี Max และ Min อยู่ขนาบข้าง
- Value แสดงค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

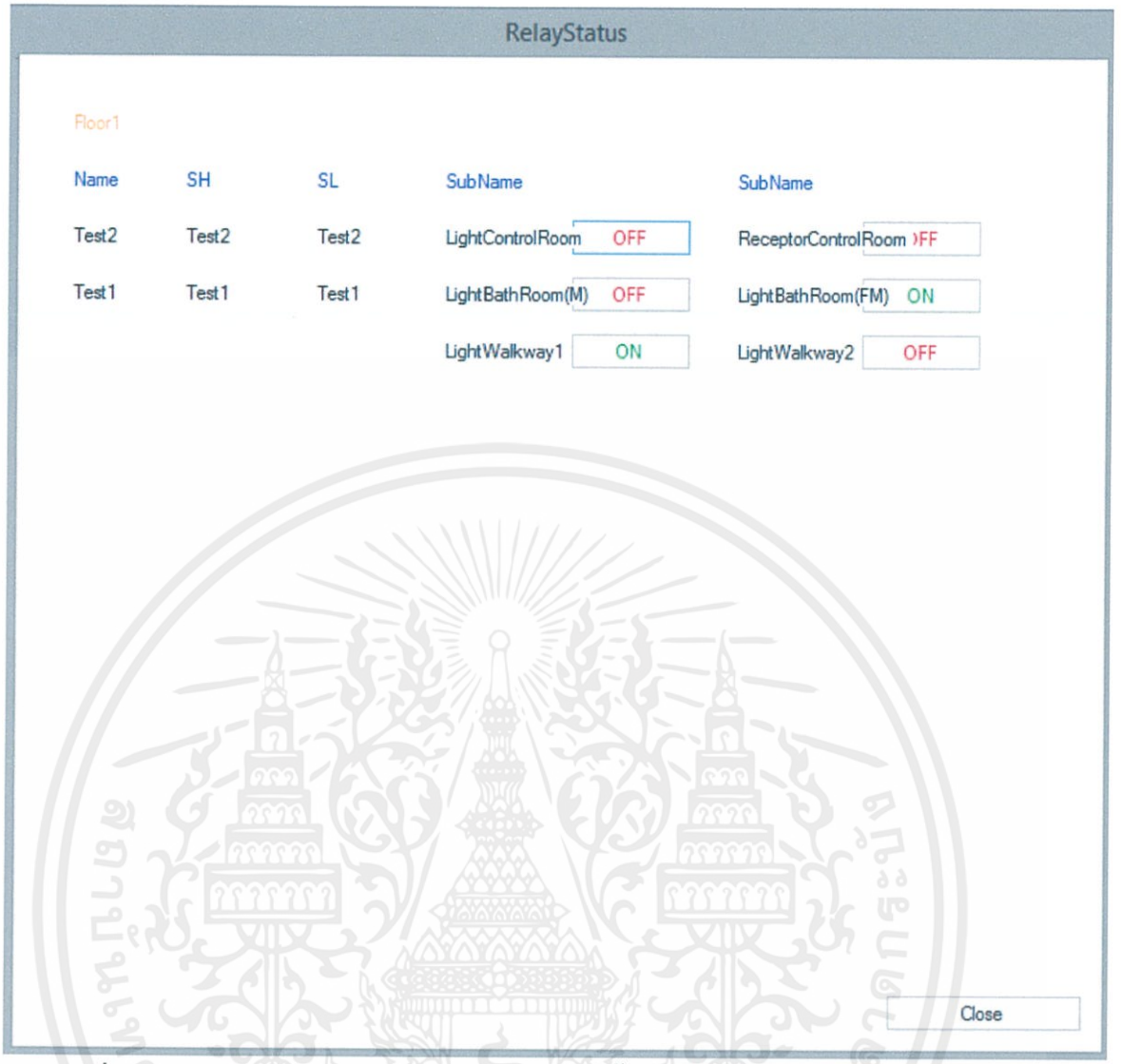


รูปที่ 5.18 หน้าจอแสดงผลข้อมูลเซนเซอร์ทั้งหมดที่อยู่ในระบบแบบ Real time

5.2.4.5 ปุ่ม "See All Relay Status" แสดงหน้าจอสถานะ การเปิด/ปิดของอุปกรณ์ ทั้งหมดที่อยู่ในระบบ แบบ Real time

- Name คือชื่อของอุปกรณ์
- SH,SL คือ Address ของอุปกรณ์ Zigbee หนึ่งๆ
- Subname ชื่อย่อยของอุปกรณ์
- ปุ่มแสดงสถานะ และ ควบคุมอุปกรณ์ โดยเมื่อกดไปที่ปุ่มโปรแกรมจะสั่งงานให้อุปกรณ์ดังกล่าว เปิด/ปิด ตามการควบคุม โดยจะสามารถควบคุมได้เมื่ออยู่ใน โหมด Manual เท่านั้น

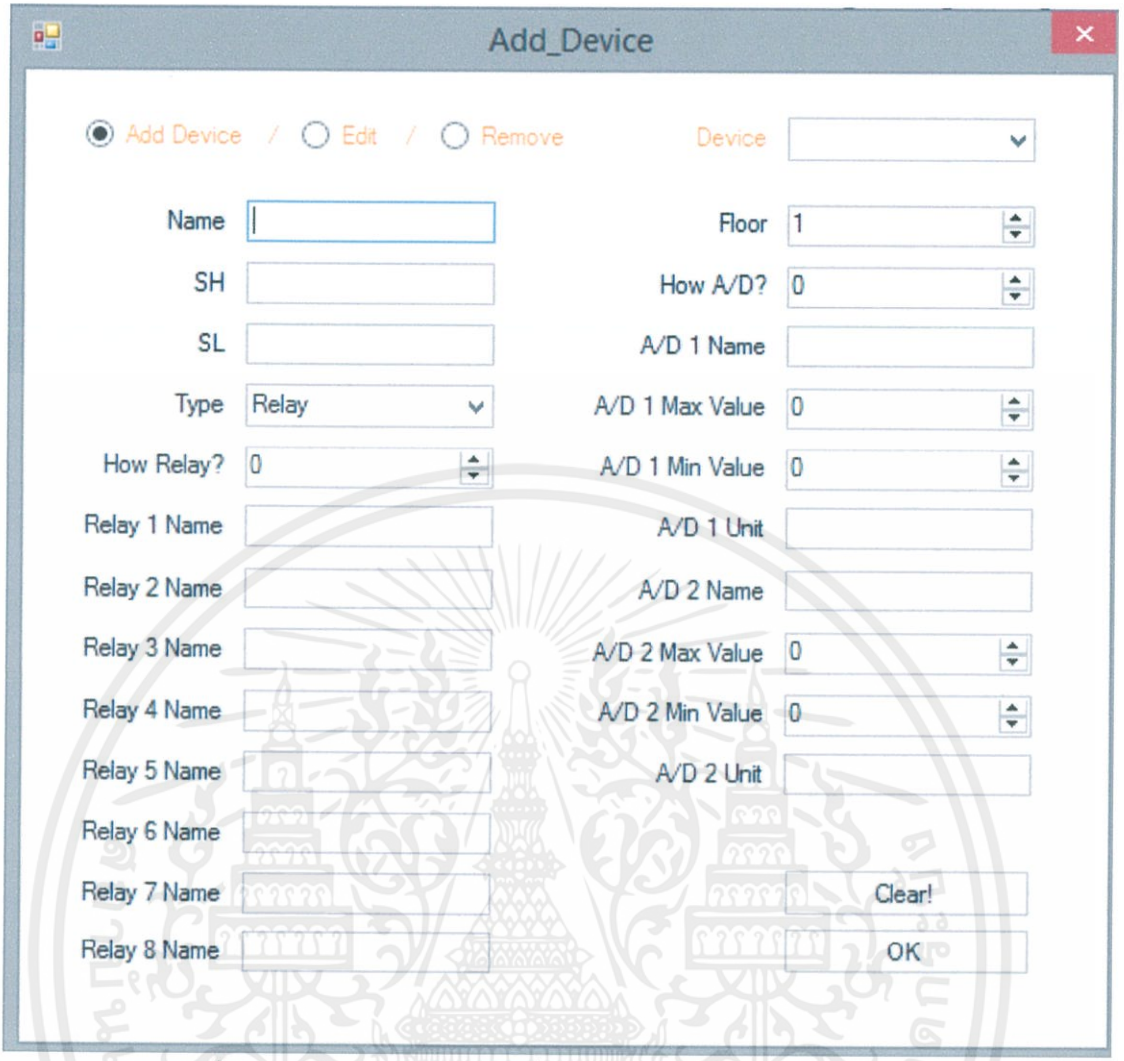
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.19 หน้าจอสถานะการเปิด/ปิดของอุปกรณ์ ทั้งหมดที่อยู่ในระบบ แบบ Real time

5.2.4.6 ปุ่ม “DeviceConfig” เป็นหน้าจอแสดงการ เพิ่ม/เปลี่ยน/ลบ อุปกรณ์ของฐานข้อมูลระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.20 หน้าจอการ เพิ่ม/เปลี่ยน/ลบ อุปกรณ์ของฐานข้อมูลระบบ

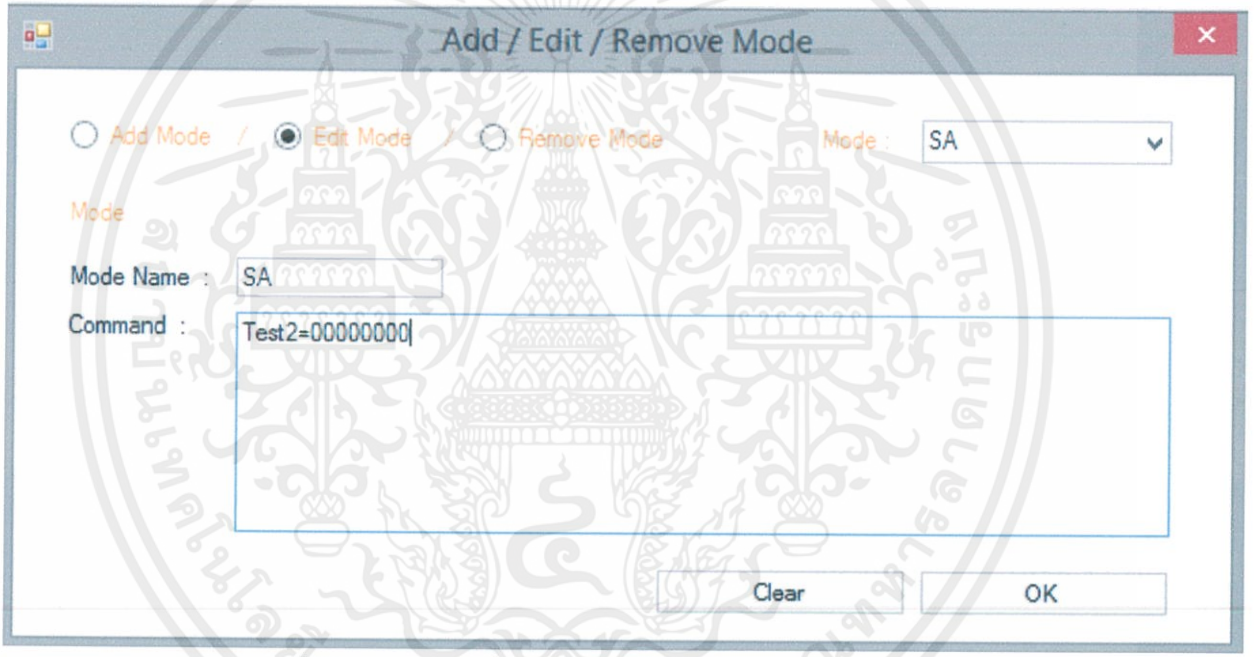
โดยช่องต่างๆสามารถกรอกข้อมูลเพื่อกำหนด ชื่อ/ชื่อย่อย/จำนวนอุปกรณ์ ย่อยใน อุปกรณ์ Zigbee หนึ่งๆ

- Name คือ ชื่อของอุปกรณ์
- SH,SL Address ของอุปกรณ์ Zigbee หนึ่งๆ
- Floor คือชั้นที่อุปกรณ์ดังกล่าวอยู่
- Type คือชินของอุปกรณ์ Zigbee หนึ่งๆ ประกอบด้วย
    1. Relay
    2. Reactor
    3. Timer
    4. Dimmer
- How Relay? คือจำนวน Relay บนอุปกรณ์ Zigbee หนึ่งๆ
- Subname Relay คือชื่อย่อยของอุปกรณ์ Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- How A/D? คือ จำนวนเซนเซอร์ บนอุปกรณ์ Zigbee หนึ่งๆ
- Subname A/D คือชื่อย่อยของเซนเซอร์
- AD Max Value ค่าสูงสุดที่อุปกรณ์สามารถตรวจจับได้ (จาก datasheet ของอุปกรณ์นั้นๆ)
- AD Min Value ค่าต่ำสุด ที่อุปกรณ์สามารถตรวจจับได้ (จาก datasheet ของอุปกรณ์นั้นๆ)
- AD Unit หน่วยที่วัดได้ของเซนเซอร์

5.2.4.7 ปุ่ม “ModeConfig” แสดงหน้าจอ เพิ่ม/แก้ไข/ลบ โหมดการควบคุมของระบบ



รูปที่ 5.21 หน้าจอ เพิ่ม/แก้ไข/ลบ โหมดการควบคุมของระบบ

โดยในช่องต่างๆ มี

- Mode Name คือชื่อโหมด
- Command คือ รหัสการควบคุมอุปกรณ์ในโหมดนั้นๆ

ตัวอย่าง Command

กรณี Command เป็น Test1=00000000 แสดงว่า Relay ในอุปกรณ์ชื่อ Test1 จะตัดวงจรออกทั้งหมด (ปิด)

กรณี Command เป็น Test1=11111111 แสดงว่า Relay ในอุปกรณ์ชื่อ Test1 จะครบวงจรทั้งหมด (เปิด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณี Command เป็น Test1=01010101 หมายความว่า Relay ตัวที่ 1,3,5,7 นั้นจะตัดวงจร ส่วน Relay ตัวที่ 2,4,6,8 นั้นจะครบวงจร

กรณี Command เป็น Test1=00000000;Test2=11111111 หมายความว่าเป็นการควบคุมอุปกรณ์ 2 ตัว คือให้ Test1 ตัดวงจรทั้งหมด และให้ Test2 ครบวงจรทั้งหมด

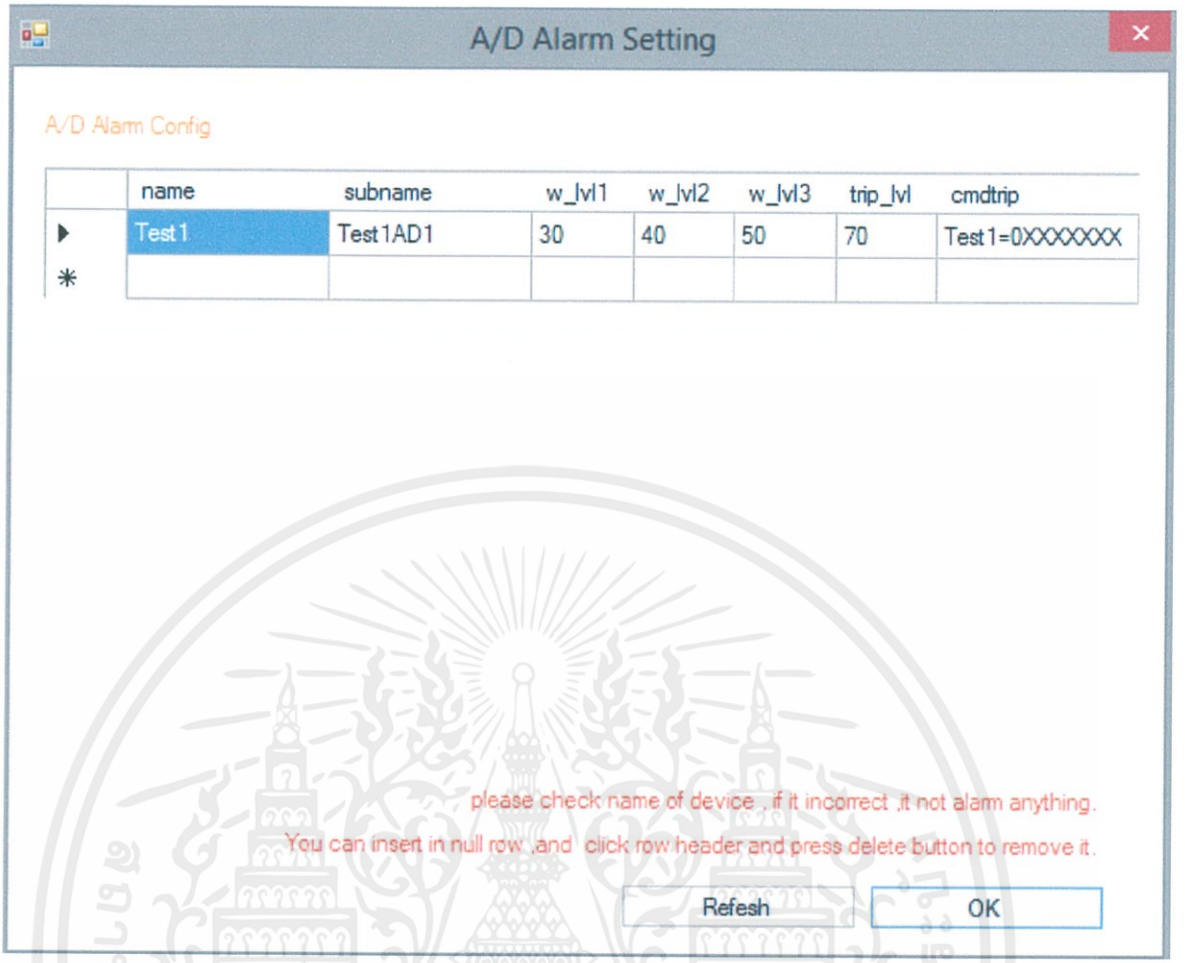
กรณี Command เป็น Test1=1100XXXX หมายความว่า Relay ตัวที่ 1,2 ครบวงจร และ Relay ตัวที่ 3,4 ตัดวงจร ส่วน Relay ตัวที่ 5,6,7,8 จะคงสถานะไว้ดังเดิมไม่มีการเปลี่ยนสถานะ เช่นในกรณีที่ Relay ตัวที่ 5,6,7,8 นั้น ครบวงจรอยู่ หลังการ Command ไปแล้ว Relay ตัวที่ 5,6,7,8 นั้นก็ยังครบวงจรอยู่เช่นเดิมไม่มีการเปลี่ยนสถานะ

5.2.4.8 ปุ่ม “A/D Alarm Config” นั้นแสดงหน้าจอ เพิ่ม/แก้ไข/ลบ ข้อกำหนดการเตือนมีด้วยกัน 4 ระดับ

- w_lvl1 คือ การเตือนระดับ 1
- w_lvl2 คือการเตือนระดับ 2
- w_lvl3 คือการเตือนระดับ 3
- trip_lvl คือการปลดวงจร โดยจะทำงาน trip_cmd
- trip_cmd เป็น Command ที่สั่งการเปิดปิดอุปกรณ์ต่างๆ

โดยตัวอย่างดังภาพที่ 13 นั้นจะบ่งบอกว่า เมื่อเซนเซอร์ Test1AD1 วัดค่าได้มากกว่า 30 w_lvl1 จะทำการเตือนที่หน้าจอ System Fail และเมื่อวัดค่าได้มากกว่า 40 w_lvl2 จะทำการเตือนเช่นเดียวกัน ในหน้าจอ System Fail และเมื่อวัดค่าได้มากกว่า 50 w_lvl3 จะทำการเตือนที่หน้าจอ System Fail แต่เมื่อวัดค่าได้มากกว่า70 trip_lvl จะทำการเตือนและทำการ Command ด้วยรหัส Test1=0XXXXXXX ซึ่งหมายความว่า ไปปลดวงจร Relay ตัวที่ 1 ของ Test1 ส่วนตัวที่ 2-8 นั้นจะคงสถานะไว้เช่นเดิม โดยการเตือนนั้นจะแสดง ดังรูปที่ 5.10 (ทางด้านขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

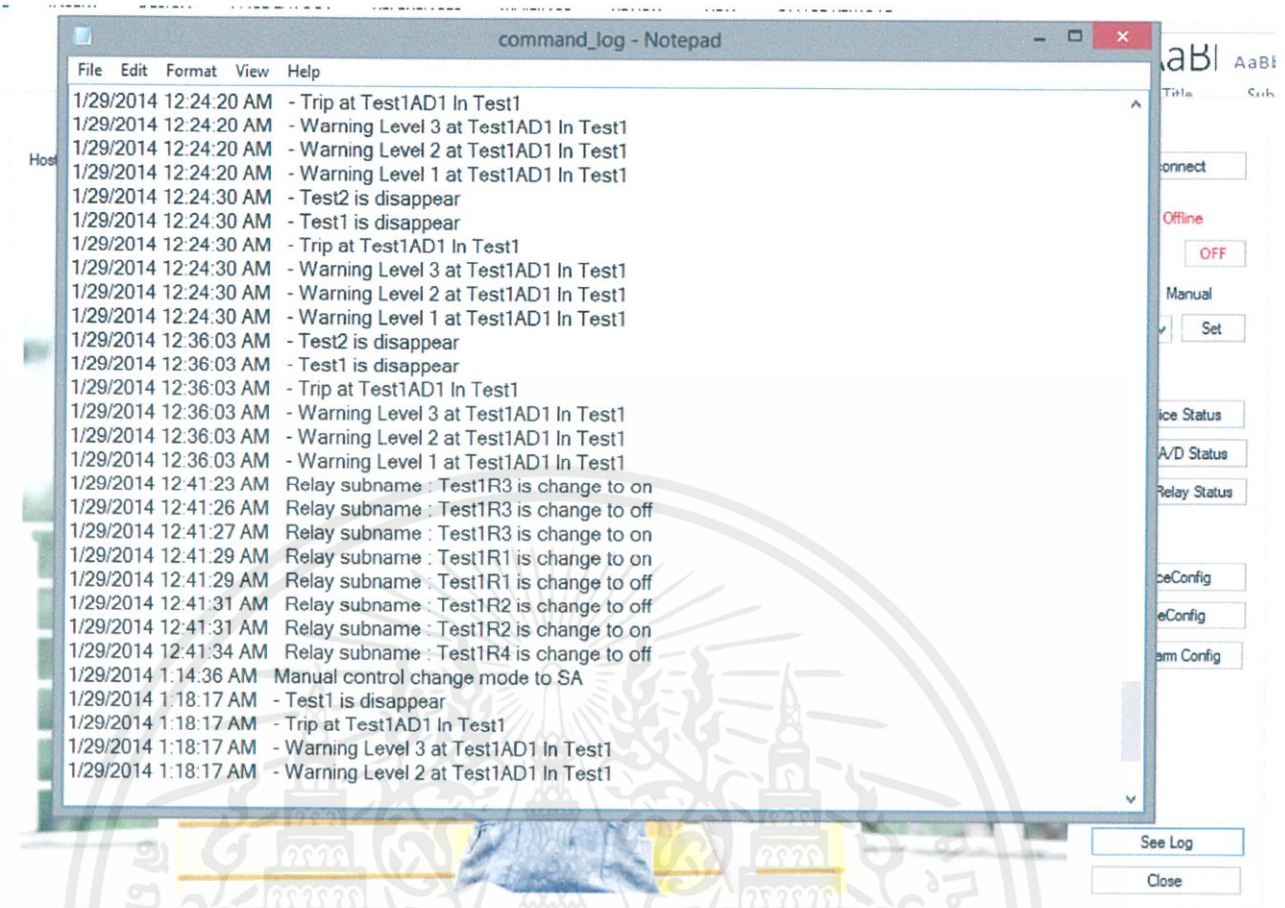


รูปที่ 5.22 หน้าจอ เพิ่ม/แก้ไข/ลบ ข้อกำหนดการเตือน

5.2.4.9 ปุ่ม “Log” จะแสดงข้อมูลการ ทำงานของโปรแกรม ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ผ่านโปรแกรม Notepad ของ windows โดยข้อมูลที่จะถูกเก็บเข้า Log นี้มีดังนี้ แสดงดังรูปที่ 5.23

- มีการเปลี่ยนสถานะอุปกรณ์ ในโหมด Manual
- การรับค่า Command มาจาก website
- การรับค่า Command มาจาก Remote
- มีการเตือน หรือ ตัดวงจร
- มีการเตือนเมื่ออุปกรณ์ขาดการติดต่อกับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.23 หน้าจอแสดงข้อมูลการทำงานของโปรแกรม

5.2.4.10 ปุ่ม Remote “ON/OFF” นั้นเป็นการเปิดปิดการรับ Command จากภายนอก เช่น Website หรือ Remote จากโปรแกรม ลูกข่าย โดยการรับคำสั่ง Remote จะมี 2 แบบ

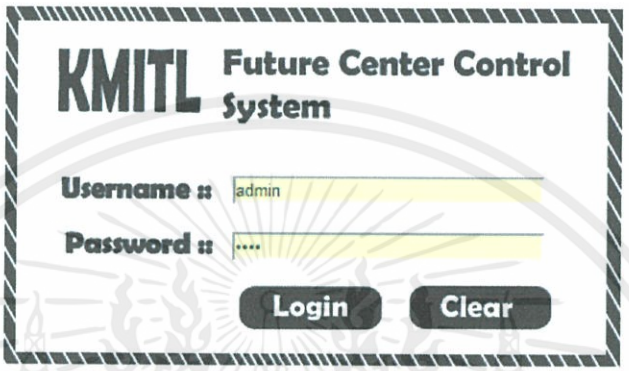
- รับแบบเป็นรหัสคำสั่ง Test1=0001111 เป็นต้นแล้ว โปรแกรมจะทำการทำงานตามคำสั่งนั้นๆ

- รับคำสั่งเป็นชื่อโหมด เช่น สร้างโหมดคอมมานไว้ในชื่อ SA โดย มีคำสั่ง Test1=00011111;Test2=1100000 เมื่อส่งคำสั่ง Remote มาที่แม่ข่าย แม่ค่ายจะรับชื่อโหมดมาเช็คกับฐานข้อมูลว่าแม่ข่ายนั้นมีข้อมูลโหมดนั้นหรือไม่ ถ้ามีก็จะทำตามคำสั่งที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลของแม่ข่าย ในที่นี้ คือ Test1=00011111;Test2=1100000 และถ้าไม่มีคำสั่งในฐานข้อมูล ระบบจะแสดง ความผิดพลาดขึ้นในหน้าต่าง “System Fail”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 เว็บไซต์ระบบควบคุม

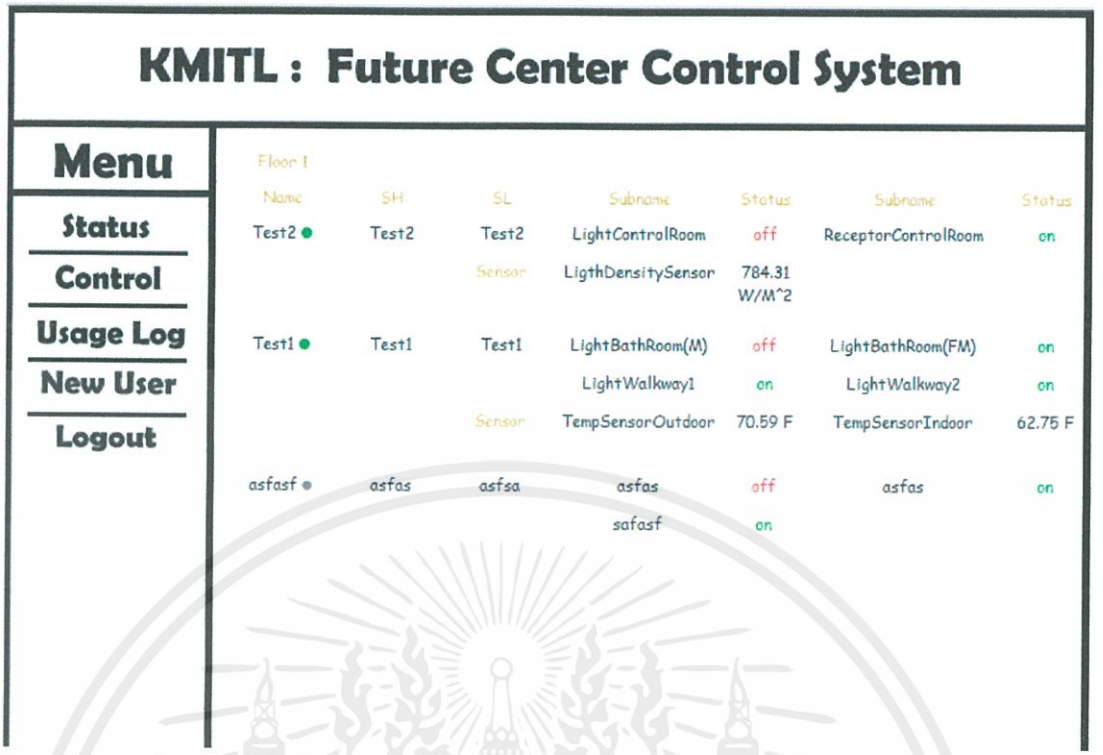
เป็นเว็บไซต์ที่ใช้ควบคุม อุปกรณ์และดูสถานะอุปกรณ์ และ เซนเซอร์ เมื่อไม่ได้อยู่ที่ห้อง Control ซึ่งมีการจัดระดับความสำคัญผู้ใช้เป็น “user” และ “admin” ซึ่ง ผู้ดูแลระบบ (admin) จะสารมารถควบคุมและเปลี่ยนแปลง สถานะอุปกรณ์ในระบบได้ แต่ ผู้ใช้ (user) นั้นจะทำได้แค่ดูสถานะอุปกรณ์ในระบบเท่านั้น ซึ่ง การเข้าสู่ระบบ จะเป็นดังรูปที่ 5.24



รูปที่ 5.24 หน้าล็อกอินเพื่อเข้าไปควบคุมจัดการระบบบนเว็บ

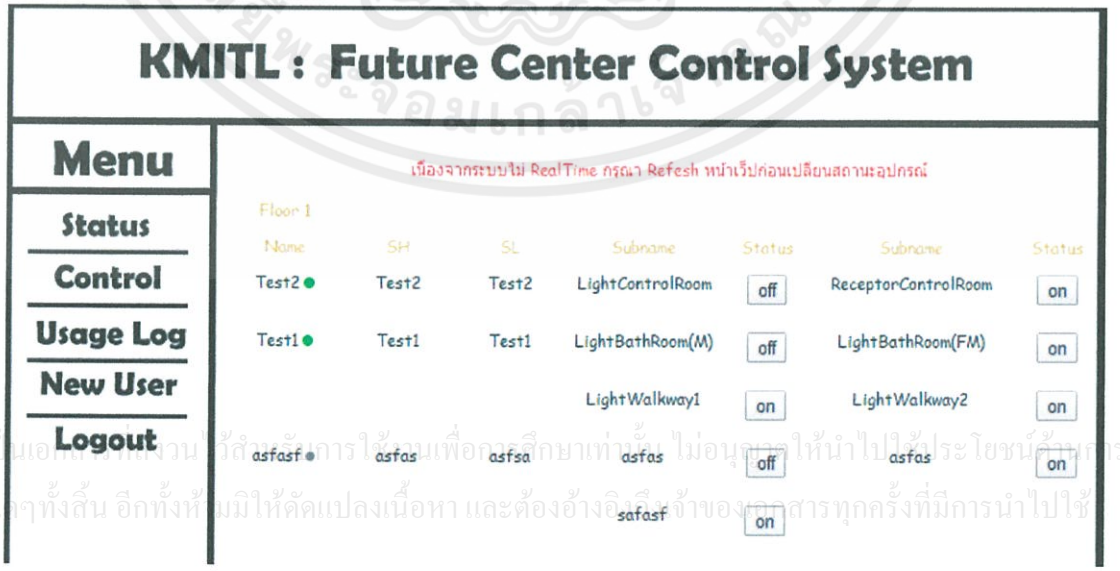
เมื่อทำการเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้งานจะสามารถดูสถานะของอุปกรณ์ในระบบได้ ดังรูปที่ 5.25 ซึ่งรายละเอียดนั้น จะคล้ายคลึงกับ การดูสถานะของอุปกรณ์ในโหมดโปรแกรม ในหัวข้อที่ 5.2.4.1 แต่จะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากการแสดงสถานะอุปกรณ์นี้จะแสดงทั้งสถานะ Relay และ ค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ไว้ในหน้าเดียว ซึ่งจะทำการโหลดใหม่ทุกๆ 1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.25 หน้าเว็บแสดงข้อมูล Real time ของสถานะอุปกรณ์ต่างๆ (Status)

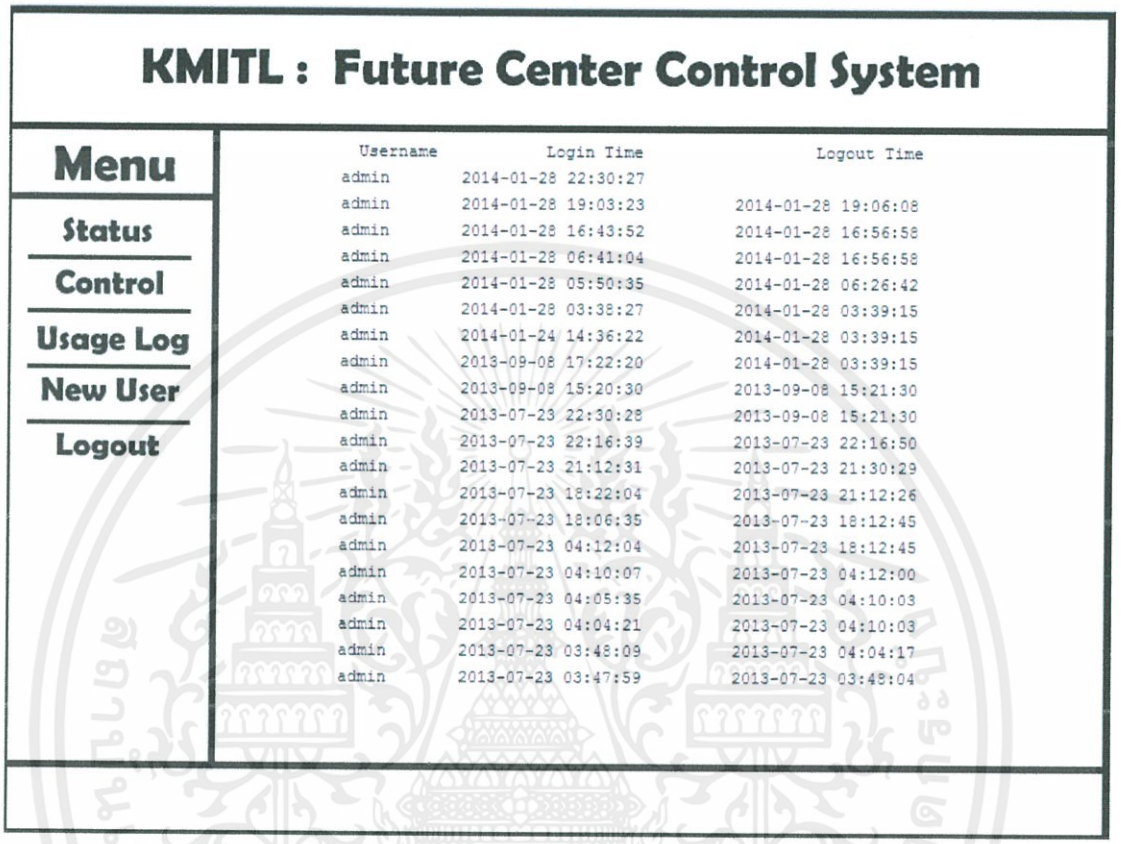
และเมื่อต้องการควบคุมอุปกรณ์ในระบบ ก็สามารถทำได้โดย เข้าที่ปุ่ม “Control” ในรายการด้านซ้ายมือ ในรูปที่ 16 และเมื่อเข้าสู่หน้า ควบคุมอุปกรณ์ในระบบ ดังรูปที่ 17 ในหน้านี้เฉพาะ ผู้ดูแลระบบเท่านั้นถึงจะสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขสถานะ ของอุปกรณ์ต่างๆ โดย เมื่อกดปุ่ม “On” ,”Off” นั้นทางเว็บจะส่ง รหัสคำสั่งเพื่อไปควบคุม อุปกรณ์ในระบบอีกที โดยหน้านี้จะต้องโหลดหน้าใหม่ทุกครั้ง ก่อนจะกดเปลี่ยนสถานะ เนื่องหน้าเว็บไม่โหลดหน้าใหม่ทุกๆ 1 วินาที เหมือนกันหน้าดูข้อมูลสถานะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.26 หน้าเว็บใช้ควบคุมการเปิด/ปิดอุปกรณ์ ในระบบ (Control)

ในส่วนของบันทึกการใช้งานระบบ โดยเมื่อทำการเข้าสู่ระบบ ระบบจะจดจำ เวลาที่เข้าสู่ระบบ และ เวลาที่ ออกจากระบบไว้เผื่อเกิดการผิดพลาดขึ้นจะได้ทราบสาเหตุว่าเกิดจาก ผู้ใช้คนใดเป็นคน ทำให้ระบบเกิดความเสียหาย ตามรูปที่ 5.27

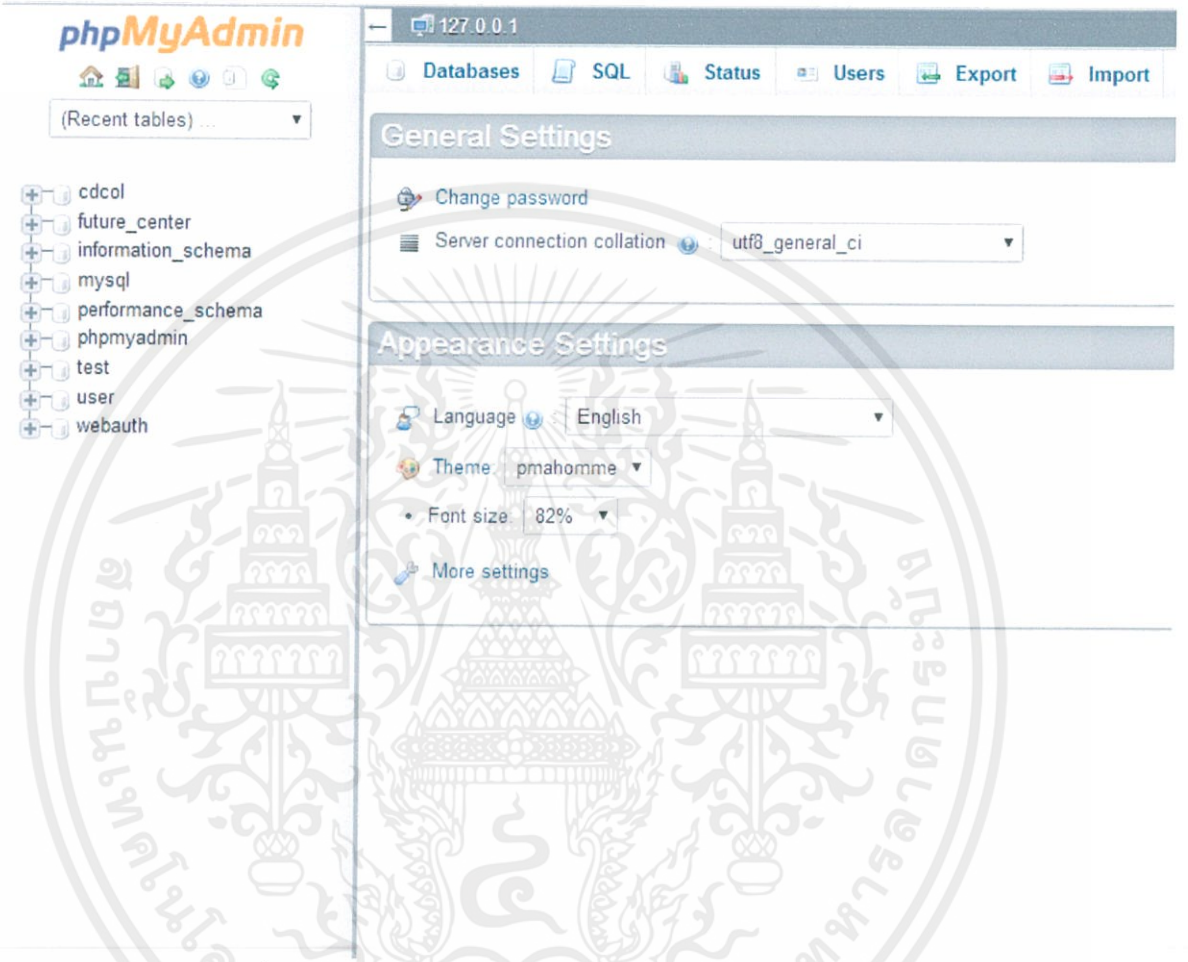


รูปที่ 5.27 หน้าเว็บแสดงข้อมูลการเข้าใช้ระบบ ควบคุม (Usage Log)

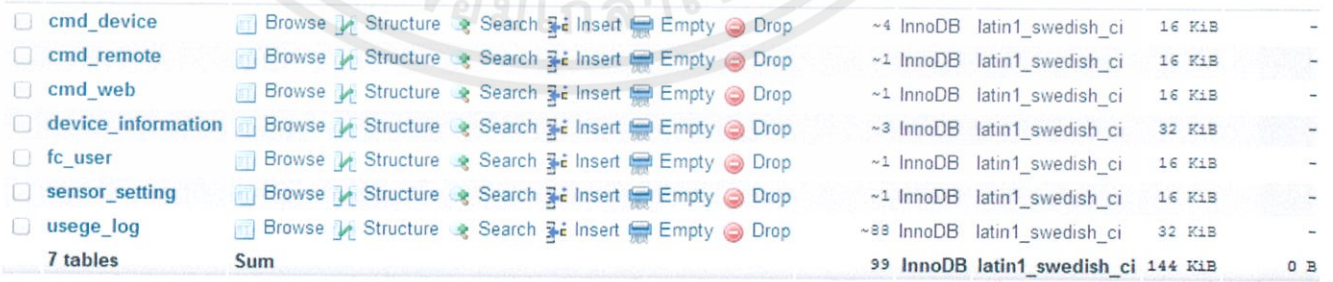
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ฐานข้อมูล SQL

ฐานข้อมูลที่ใช้เป็น ฐานข้อมูล mysql ซึ่งในฐานข้อมูลต้องประกอบด้วยฐานข้อมูล future_center ดังรูปที่ 5.28 และในฐานข้อมูล future_center นั้นจะมีตารางทั้งหมด 7 ตาราง ดังรูปที่ 5.29



รูปที่ 5.28 ส่วนควบคุมฐานข้อมูล mysql (phpmyadmin)



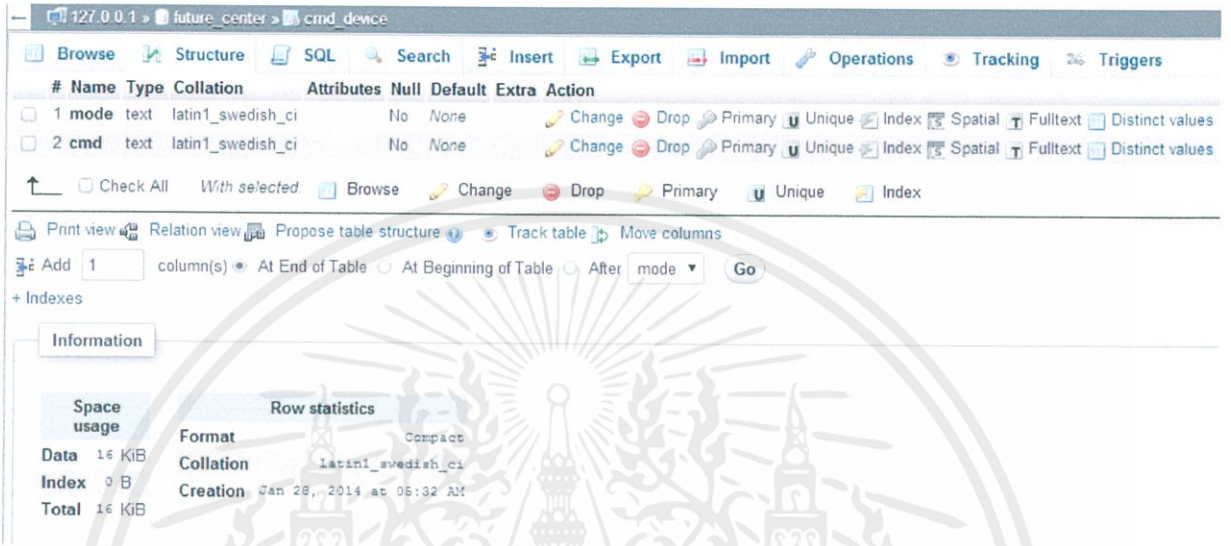
รูปที่ 5.29 ตารางในฐานข้อมูล future_center

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละตารางจะเก็บข้อมูล ดังนี้

5.4.1 ตาราง “cmd_device” เป็นตารางที่เก็บค่าชื่อโหมดและรหัสคำสั่งของโหมด

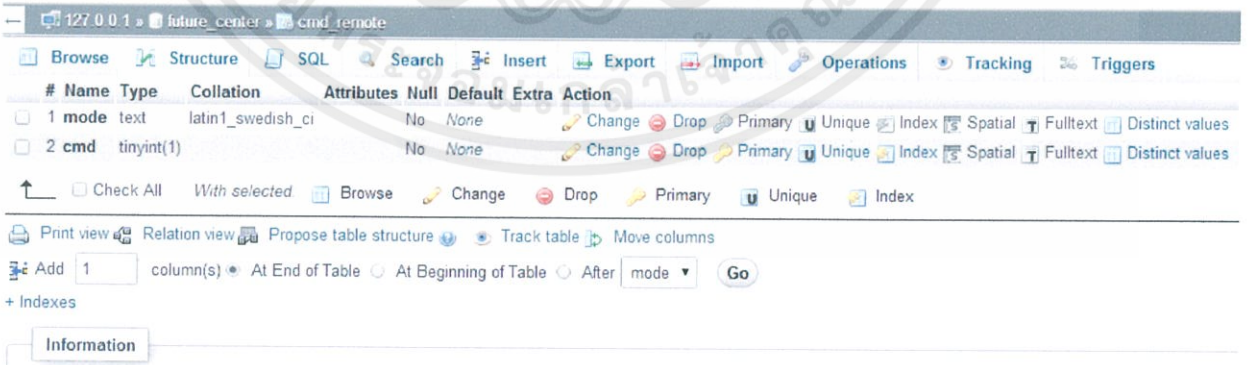
- ช่อง “mode” คือชื่อโหมด
- ช่อง “cmd” คือรหัสคำสั่ง เช่น Test1=00000000 เป็นต้น



รูปที่ 5.30 ลักษณะข้อมูลในตาราง “cmd_device”

5.4.2 ตาราง “cmd_remote” เป็นตารางที่เก็บชื่อโหมดที่ต้องการเรียกใช้และการขออนุญาตในการเปลี่ยนโหมด

- “mode” คือชื่อโหมดที่ต้องการจะให้ระบบทำงาน
- “cmd” คือการขออนุญาตกระทำการเปลี่ยนแปลง โดยเมื่อเป็น “true” Sever ทำการเปลี่ยนโหมดตาม “mode” ซึ่งถ้า “cmd” เป็น “false” ระบบจะไม่ทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ

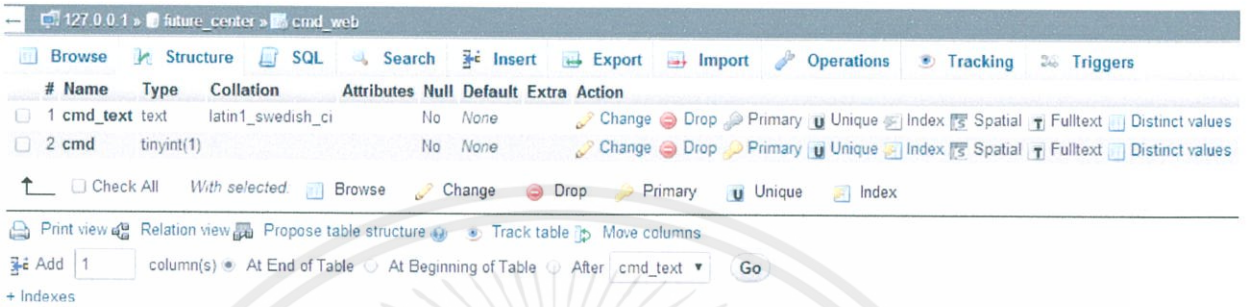


รูปที่ 5.31 ลักษณะข้อมูลในตาราง “cmd_remote”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

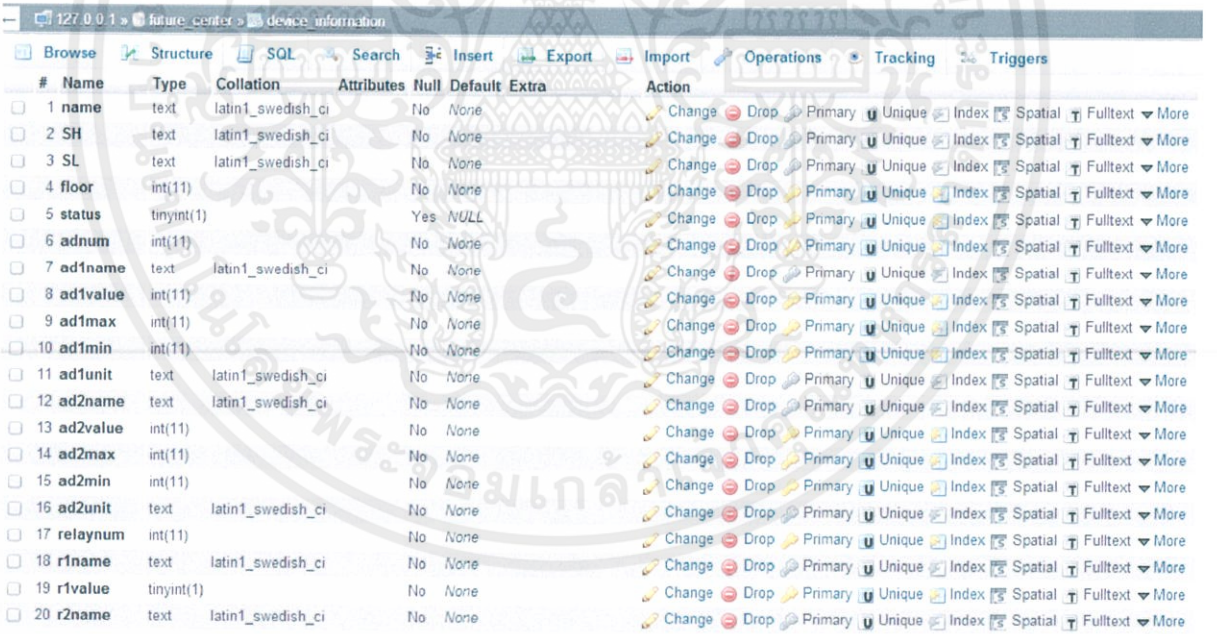
5.4.3 ตาราง “cmd_web” เป็นตารางที่เก็บคำสั่งควบคุมที่รับค่าคำสั่งจากเว็บไซต์

- “cmd_text” คือ รหัสคำสั่งที่จะให้ระบบทำงาน
- “cmd” คือการขออนุญาตกระทำการเปลี่ยนแปลง โดยเมื่อเป็น “true” Sever ทำการเปลี่ยนโหมดตาม “mode” ซึ่งถ้า “cmd” เป็น “false” ระบบจะไม่ทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ



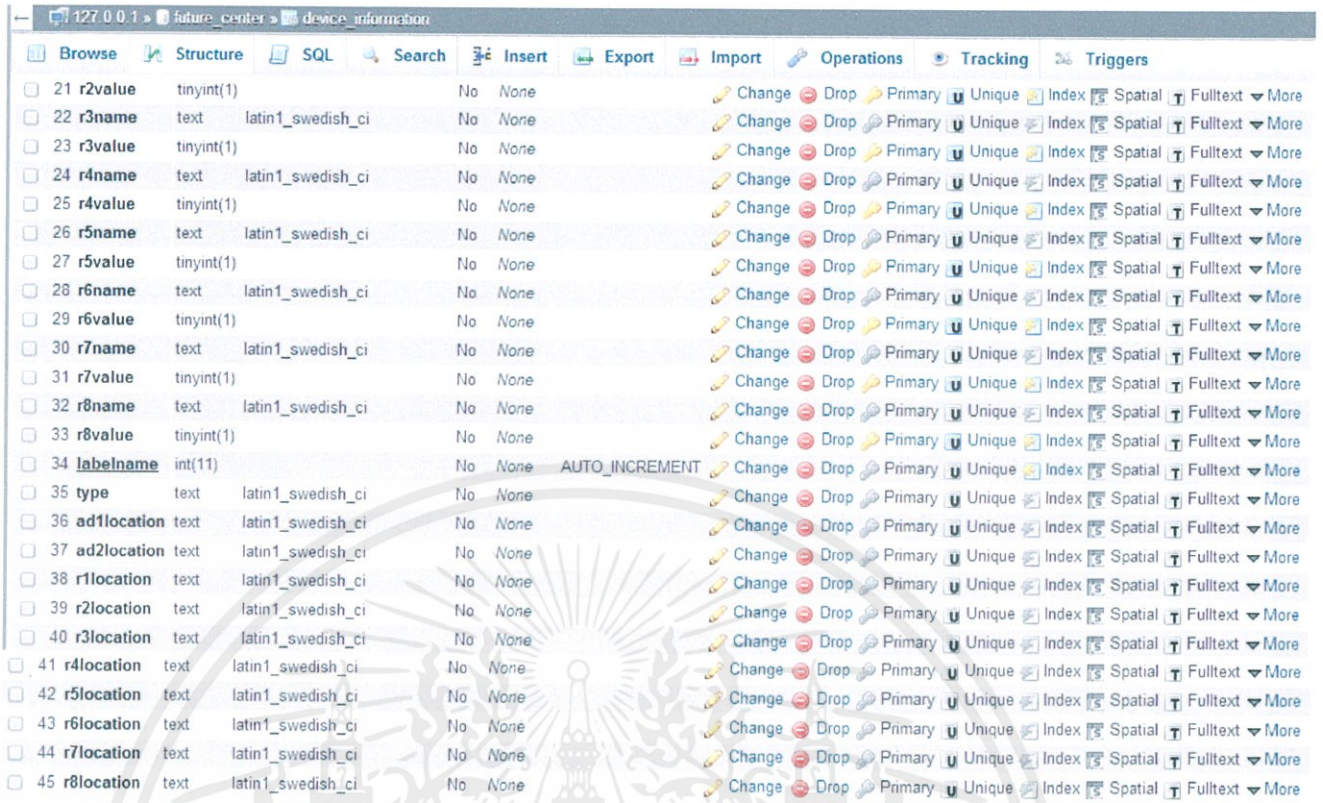
รูปที่ 5.32 ลักษณะข้อมูลในตาราง “cmd_web”

5.4.4 ตาราง “device_information” แสดงสถานะ , ชื่อ และรายละเอียดของ module zigbee แต่ล่ะตัว



รูปที่ 5.33 ลักษณะข้อมูลในตาราง “device_information”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



127.0.0.1 » future_center » device_information

Browse | Structure | SQL | Search | Insert | Export | Import | Operations | Tracking | Triggers

21	r2value	tinyint(1)		No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
22	r3name	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
23	r3value	tinyint(1)		No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
24	r4name	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
25	r4value	tinyint(1)		No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
26	r5name	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
27	r5value	tinyint(1)		No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
28	r6name	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
29	r6value	tinyint(1)		No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
30	r7name	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
31	r7value	tinyint(1)		No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
32	r8name	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
33	r8value	tinyint(1)		No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
34	labelname	int(11)		No	None	AUTO_INCREMENT	Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
35	type	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
36	ad1location	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
37	ad2location	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
38	r1location	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
39	r2location	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
40	r3location	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
41	r4location	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
42	r5location	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
43	r6location	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
44	r7location	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
45	r8location	text	latin1_swedish_ci	No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More

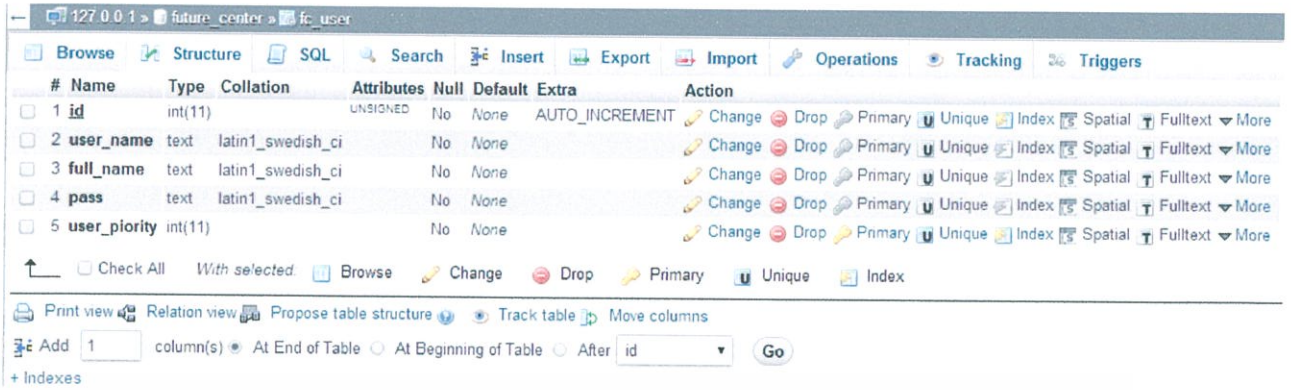
รูปที่ 5.34 ลักษณะข้อมูลในตาราง “device_information” (ต่อ)

จากรูปที่ 5.33 และ 5.34 จะเห็นได้ว่า มีองค์ประกอบมากมายอธิบายดังนี้

- “name” คือชื่อที่ตั้งให้โมดูล Zigbee หนึ่งๆ
- “SH,SL” เป็น address ของ module Zigbee แต่ล่ะตัว
- “floor” คือตำแหน่งชั้นที่ติดตั้ง
- “status” คือสถานะการเชื่อมต่ออยู่กับ sever ของโมดูลนั้นๆ
- “adnum” คือ จำนวนช่องอนาลอกทูดิจิตอล บนโมดูล
- “Relaynum” คือจำนวน รีเลย์บนโมดูล
- “adxname”,”rxname” (x คือจำนวนเต็ม) เป็นชื่ออุปกรณ์ย่อย
- “adxlocation”,”rxlocation” (x คือจำนวนเต็ม) แสดงตำแหน่งบนแผนที่
- “adxname”,”rxname” (x คือจำนวนเต็ม) เป็นค่าสถานะของอุปกรณ์ (on:true , off:false)

5.4.5 ตาราง “fc_user” เก็บข้อมูล ผู้ใช้ ได้แก่ “username” และ “password” และ “priority”

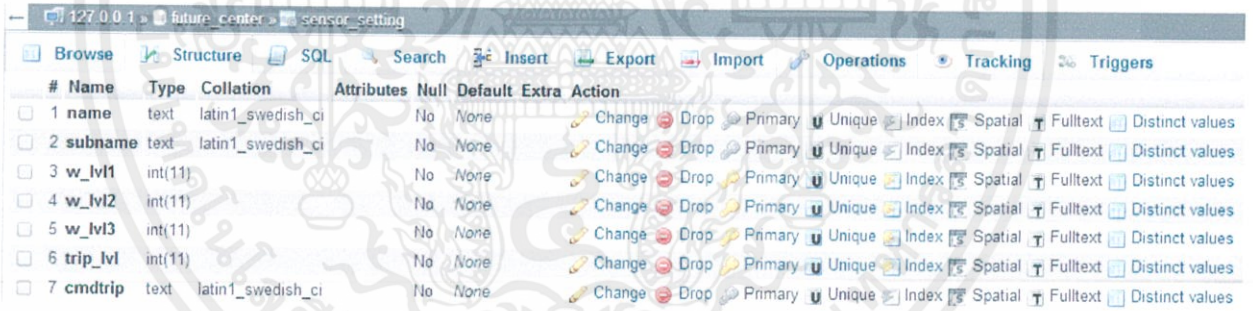
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.35 ลักษณะข้อมูลในตาราง “fc_user”

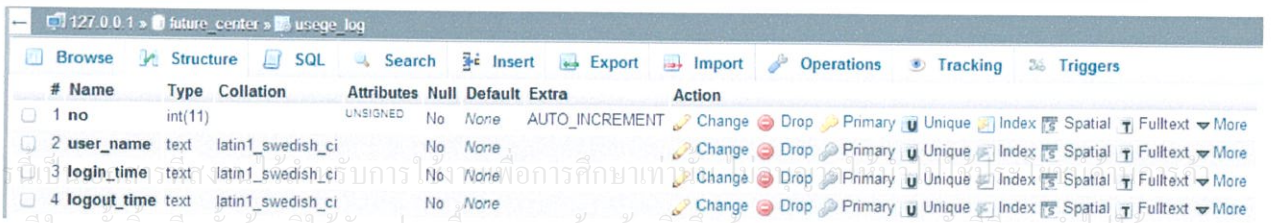
5.4.6 ตาราง “sensor_setting” เก็บข้อมูลเพื่อตั้งค่า module แต่ล่ะตัว ว่าจะเตือนเมื่อค่าเกินระดับที่ตั้งไว้ รวมถึงตั้งค่าระดับการทริป และ คำสั่งทริปด้วย โดยรายละเอียดดังนี้

- “name” ชื่อโมดูล
- “subname” ชื่อย่อยในโมดูลนั้นๆ
- “w_lvlx” (x คือจำนวนเต็ม) ระดับการแจ้งเตือน 1,2,3
- “trip_lvl” ระดับการทริป
- “trip_cmd” คำสั่งทริป



รูปที่ 5.36 ลักษณะข้อมูลในตาราง “sensor_setting”

5.4.7 ตาราง “usage_log” เก็บข้อมูลการ เข้าสู่ระบบและ ออกจากระบบของผู้ใช้งาน

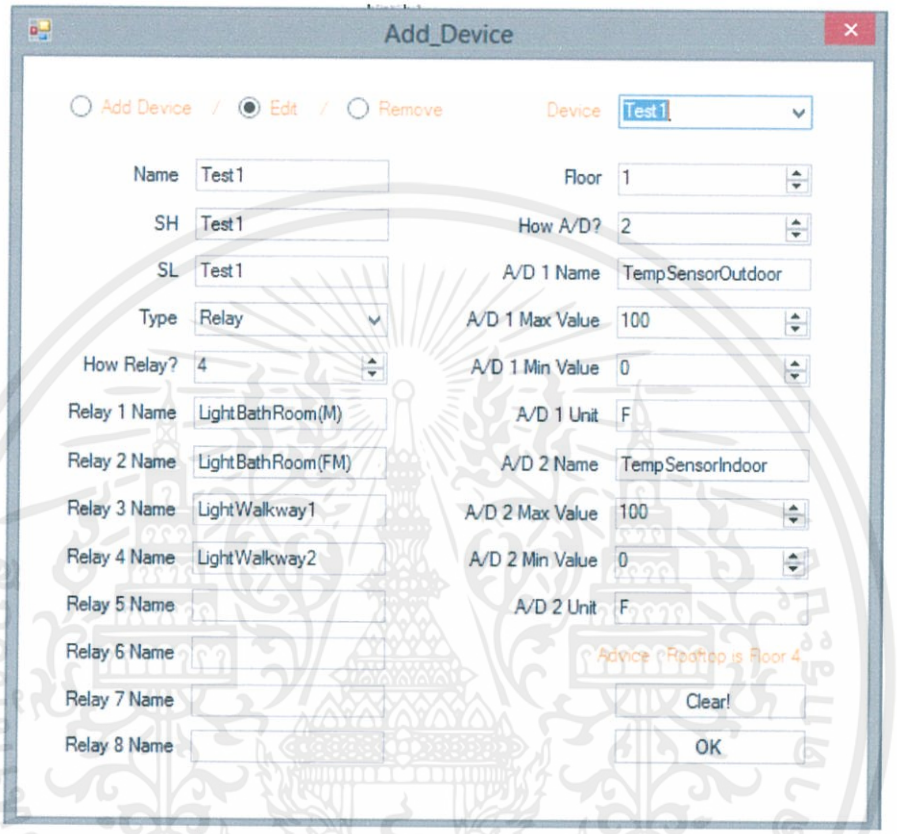


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.37 ลักษณะข้อมูลในตาราง “usage_log“

5.5 ตัวอย่างการทำงานร่วมกันในการควบคุม

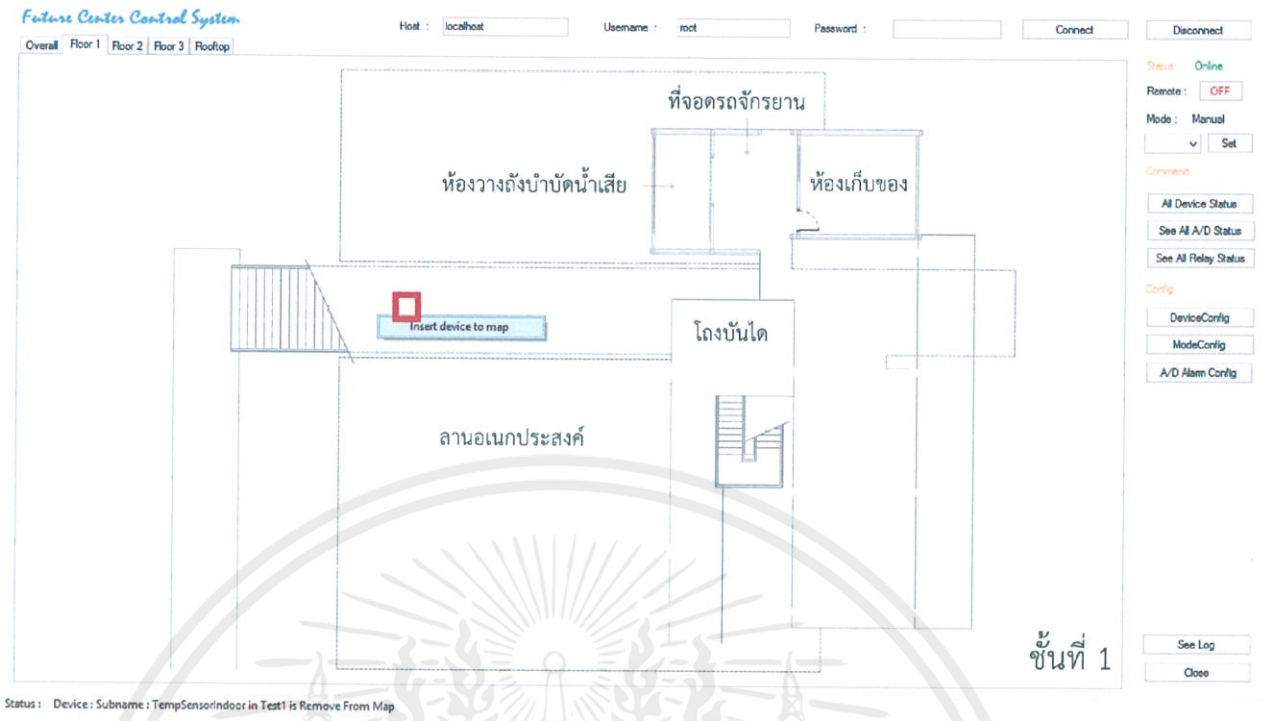
ในที่นี้ ในฐานข้อมูล มีข้อมูลจำลองเรียบร้อยแล้ว เป็นอุปกรณ์ ชั้น 1 ชื่อโมดูล ว่า "Test1" มีการตั้งค่ารายละเอียดต่างๆเป็นไปดังรูปที่ 5.38



รูปที่ 5.38 ข้อมูลคุณลักษณะของอุปกรณ์ "Test1"

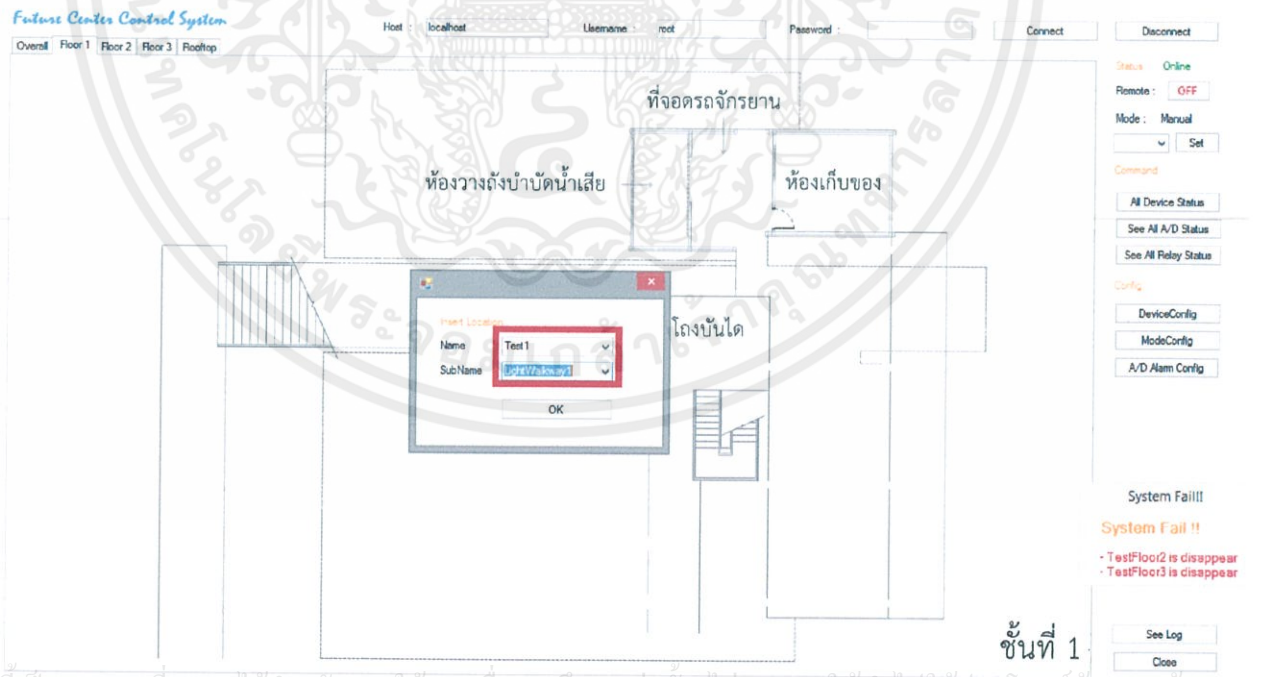
การใส่ข้อมูล ลงบนแผนที่ทำโดยการ คลิกขวา ในพื้นที่ที่ต้องการจะแสดงบนแผนที่ จากนั้นเลือก "Insert Device to Map" ดังรูปที่ 5.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.39 การเพิ่มการแสดงสถานะเพิ่มเข้าไปในแผนที่

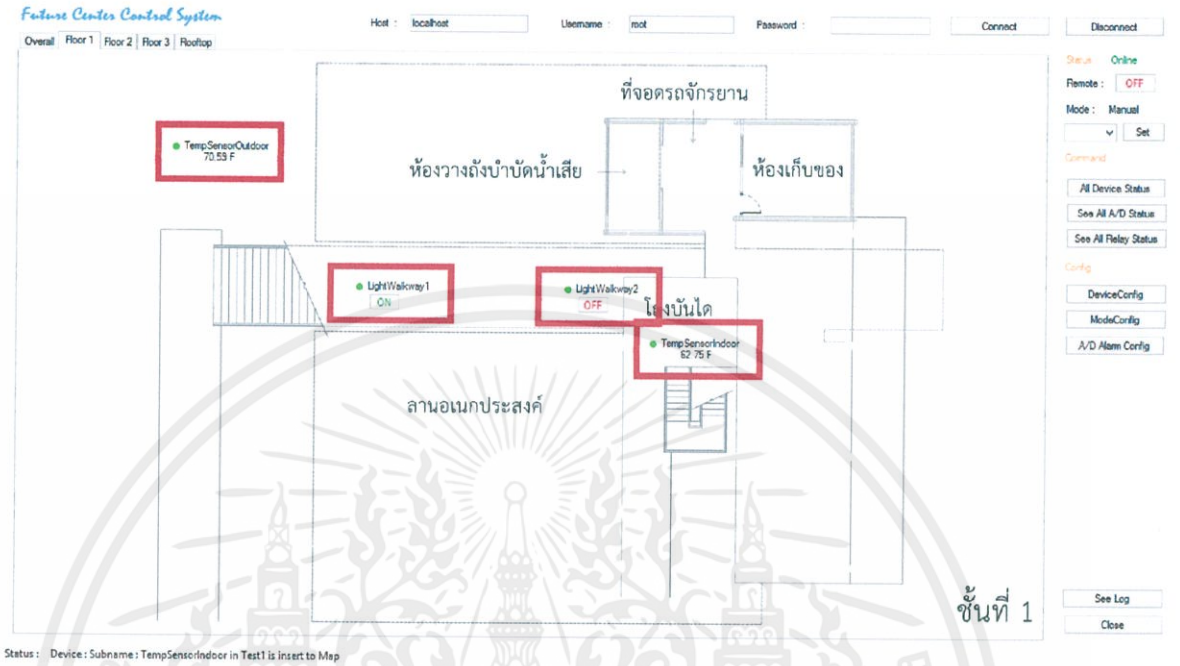
จากนั้นเลือกอุปกรณ์ “Test1” และเลือก อุปกรณ์ย่อยในระบบ ในตัวอย่างเลือก “LightWalkWay1” ดังรูปที่ 5.40



รูปที่ 5.40 การเลือกอุปกรณ์ที่จะเพิ่มเข้าไปในแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่เลือกจะไปแสดงสถานะบนแผนที่ (ทำซ้ำกับทุกอุปกรณ์ที่ต้องการแสดงบนแผนที่) ดังรูปที่ 5.41



รูปที่ 5.41 สถานะของอุปกรณ์ของระบบหลังเพิ่มการแสดงสถานะอุปกรณ์เข้าไปในระบบ

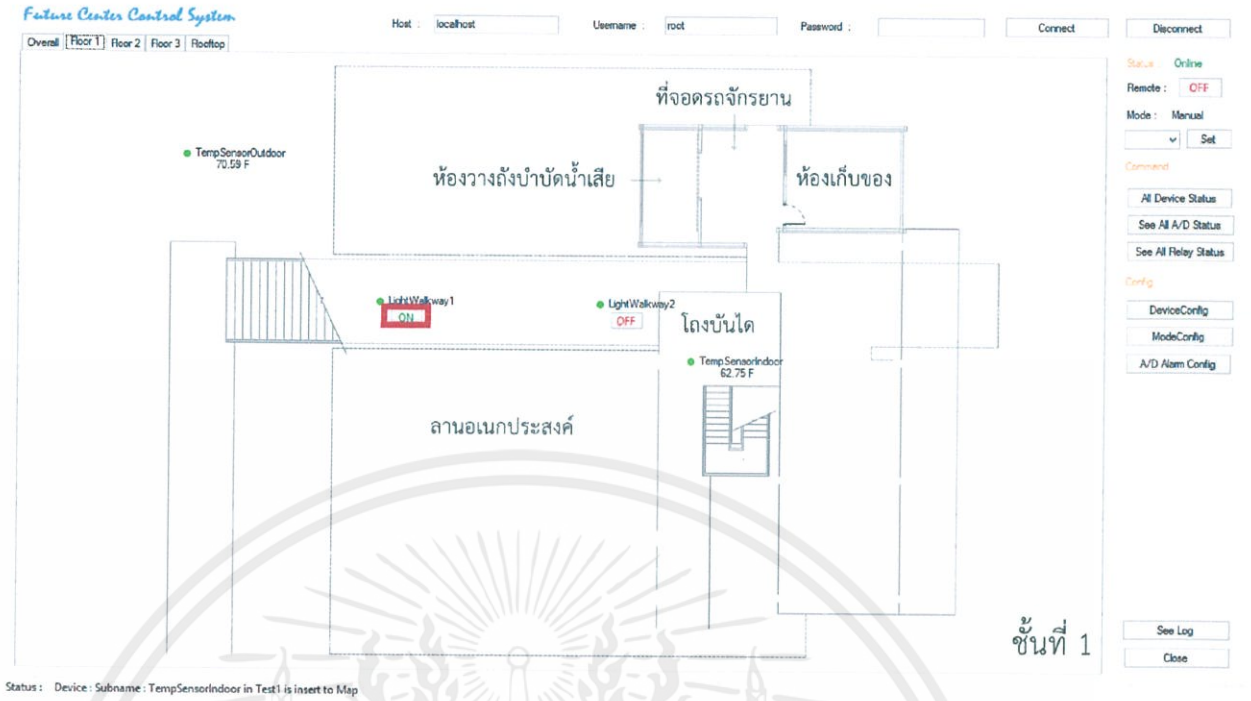
โดยที่อุปกรณ์แต่ละตัวจะระบุสถานะอุปกรณ์ และ คาที่อ่านได้จากอุปกรณ์ ในที่นี้อุปกรณ์ตัดต่อจะแสดงสถานะ เป็น “On” , “Off” และ เซนเซอร์ จะแสดงค่าที่อ่านได้ โดยสามารถกำหนดหน่วยจาก เมนู “DeviceConfig”

ส่วนการเปลี่ยนแปลงสถานะ อุปกรณ์นั้น สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

5.5.1 ควบคุมระบบจากโปรแกรม

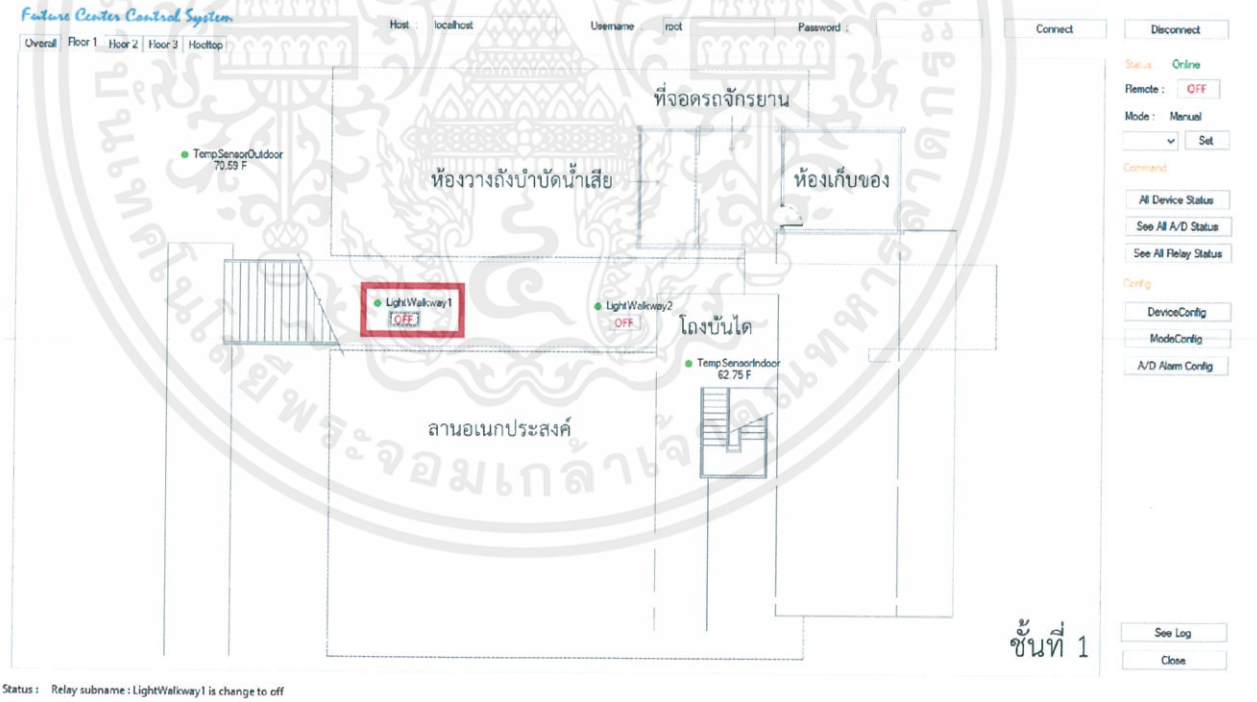
โดยการกดเข้าไปที่ปุ่มสถานะ ที่แสดงใต้ชื่ออุปกรณ์ย่อยนั้นๆ ดังตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ 5.42 บนแผนที่ได้โดยตรง การกดเปลี่ยนสถานะนั้นจะมีผลกับค่าในฐานข้อมูลและเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.42 ปุ่มควบคุมสถานะของระบบ

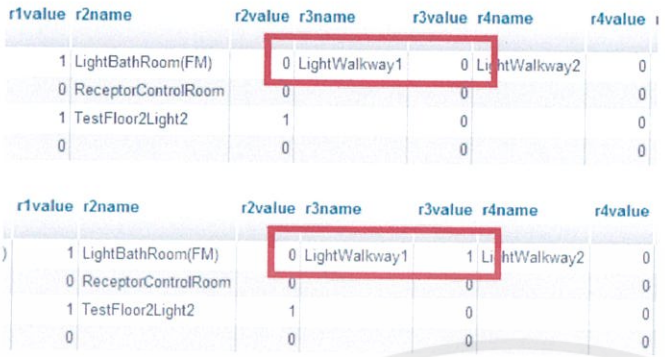
เมื่อกดที่ปุ่มแล้ว จะเกิดผลดังรูปที่ 5.43



รูปที่ 5.43 การเปลี่ยนสถานะ เมื่อมีการกดเปลี่ยนสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และผลกับฐานข้อมูลและเว็บไซต์เป็นไปดังรูปที่ 5.44 และ 5.45



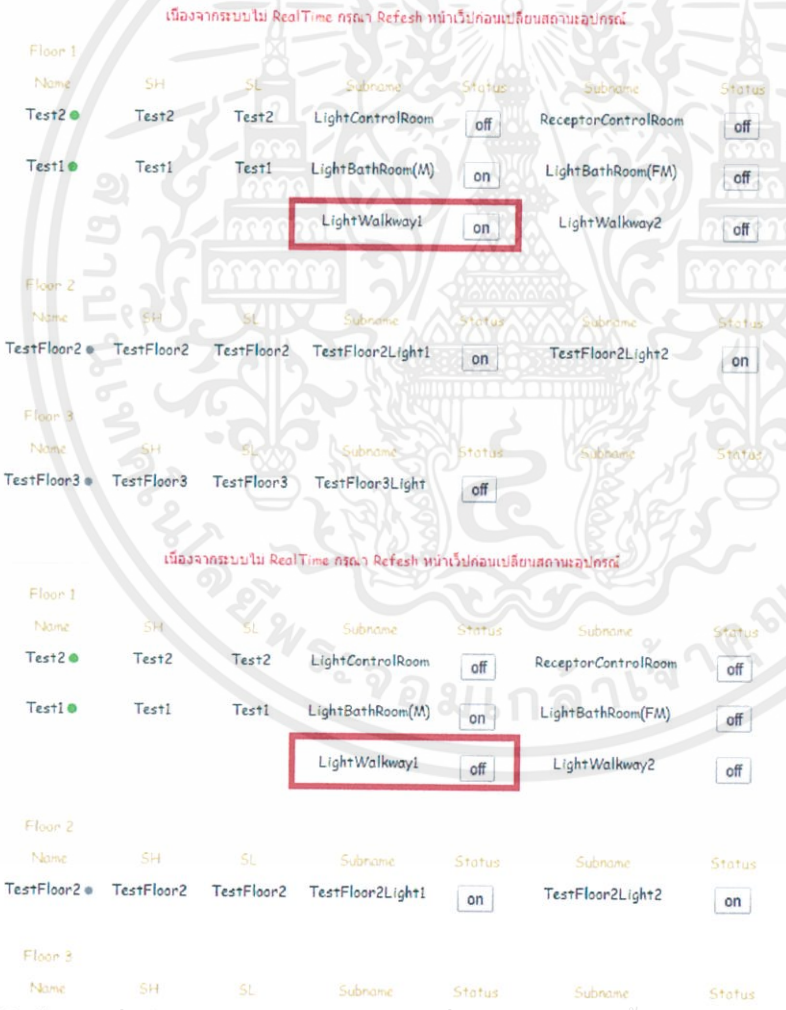
r1value	r2name	r2value	r3name	r3value	r4name	r4value
1	LightBathRoom(FM)	0	LightWalkway1	0	LightWalkway2	0
0	ReceptorControlRoom	0		0		0
1	TestFloor2Light2	1		0		0
0		0		0		0

ภาพก่อนเปลี่ยนสถานะ ภายในฐานข้อมูล

r1value	r2name	r2value	r3name	r3value	r4name	r4value
1	LightBathRoom(FM)	0	LightWalkway1	1	LightWalkway2	0
0	ReceptorControlRoom	0		0		0
1	TestFloor2Light2	1		0		0
0		0		0		0

ภาพหลังเปลี่ยนสถานะ ภายในฐานข้อมูล

รูปที่ 5.44 การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลบนฐานข้อมูล SQL



ภาพก่อนกดการเปลี่ยนสถานะภายในเว็ปไซด์

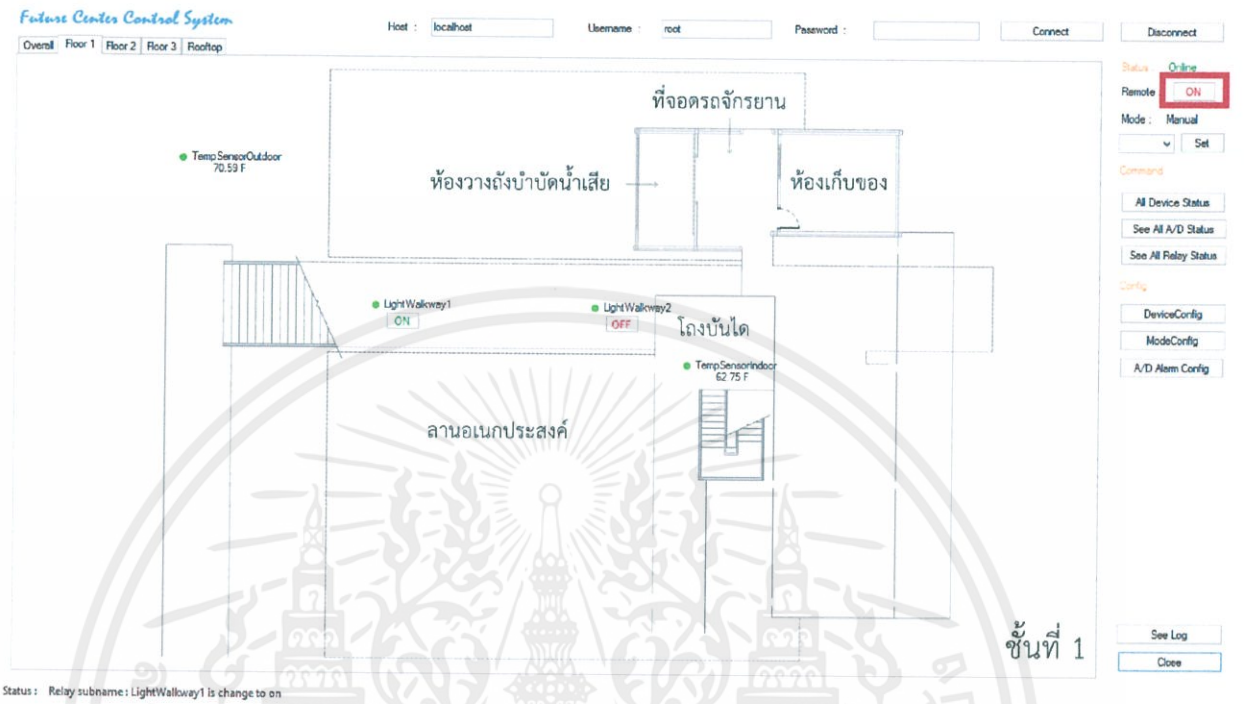
ภาพหลังการเปลี่ยนสถานะภายในเว็ปไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.45 การเปลี่ยนแปลงบนเว็ปไซต์

5.5.2 ควบคุมระบบจากเว็บไซต์

จะต้อง เปิดรับคำสั่งแบบรีโมทก่อนโดยกดปุ่ม “Remote” เป็น “On” ดังรูปที่ 5.46



รูปที่ 5.46 การเปิดฟังชั่นการควบคุมด้วยการ ”remote” และ “Website”

จากนั้นก็กดสถานะที่ตัวอุปกรณ์บนเว็บไซต์ แล้วสถานะนั้นจะเปลี่ยนแปลงบนโปรแกรมด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

โครงการ Future Renewable Center เป็นโครงการที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นต้นแบบของพื้นที่ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน โดยมีการบริหารจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ และยังสามารถนำไปประยุกต์พัฒนาต่อยอดในอนาคตได้ โดยโครงการนี้ได้มีการจำลองการใช้พลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ซึ่งเป็นพลังงานหลัก และพลังงานน้ำ ซึ่งเป็นสำรองยามฉุกเฉิน โดยมีระบบไฟฟ้าส่วนต่างๆคอย Support การใช้งานจากพลังงานทดแทนเหล่านี้ให้ราบรื่นและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ระบบไฟฟ้าในส่วนของระบบจำหน่ายและอุปกรณ์ป้องกันของโครงการ ที่คณะผู้จัดทำรับผิดชอบ สามารถสรุปและแบ่งออกเป็นการทำงานด้านต่างๆได้ 3 ด้านดังนี้

1.) ศึกษาและค้นหาวิธีใหม่ๆที่จะนำมาใช้ในการควบคุมการตัดต่อให้ได้ประสิทธิภาพ หรือเหมาะสมกับโครงการ Future Renewable Center มากที่สุด โดยมีการเปรียบเทียบเพื่อหาวิธีควบคุมการตัดต่อที่เหมาะสม ซึ่งก็คือ วิธีซิกบี และได้มีการศึกษาต่อถึงการใช้งานวิธีนั้นเพื่อควบคุมอุปกรณ์ตัดต่อภาระทางไฟฟ้า จนทำให้ได้ข้อสรุปว่าจะเปรียบเทียบและเลือกซื้อสินค้าสำเร็จรูปที่สามารถตัดต่อได้โดยควบคุมการตัดต่อนั้นจากวิธีซิกบี โดยเลือกเทคโนโลยีที่มีรูปแบบเหมาะกับโครงการมากที่สุด ได้แก่ เทคโนโลยีที่ 1 นั่นเอง จากนั้นได้มีการจัดรายการสั่งซื้อชุดทดสอบรวมถึงออกแบบการทดสอบ เพื่อเก็บข้อมูลต่างๆ ก่อนที่จะนำไปใช้ติดตั้งจริงในโครงการ รวมถึงการที่มีการออกแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนั้นต่อไปในอนาคต

2.) หลังจากที่เราเลือกเทคโนโลยีที่ 1 แล้ว เราก็ได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีนั้นต่อ ทำให้เราได้ทราบถึงความสามารถในการตัดต่อภาระโหลดของเทคโนโลยี เราจึงสามารถทำการแบ่งวงจรย่อยของโหลดตามความสามารถนั้นเพื่อให้มีการควบคุมวงจรย่อยที่ละเอียดขึ้น รวมถึงการทำการเรียงลำดับความสำคัญของวงจรย่อยเหล่านั้น จากการกระทำทั้งสองอย่างนี้จะนำไปสู่การคิดตรรกะการตัดต่อตาม Objective Function ที่มีประสิทธิภาพได้ จากนั้นทำการทำตารางโหลด และ Balance โหลดให้เสร็จเรียบร้อยก่อนที่จะทำการเขียนวันไลน์ไดอะแกรมและออกแบบ Layout ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร การ Layout ระบบไฟฟ้านั้นจะรวมไปถึงการ Layout ตัวเทคโนโลยี ควบคู่กับระบบไฟฟ้าด้วย เพื่อแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งที่ถูกออกแบบให้ติดตั้งและควบคุมโหลดวงจรย่อยใดๆในอาคารนั่นเอง

3.) เป็นส่วนการออกแบบและเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมเทคโนโลยีในการตัดต่อโหลดต่างๆภายในอาคาร โดยมีการเขียนโปรแกรมให้สามารถควบคุมการตัดต่อได้ทั้งจากภายในอาคารเองและภายนอกอาคาร สำหรับภายในอาคารนี้ ตัวโปรแกรมที่เขียนขึ้นจะถูกติดตั้งอยู่ที่ห้องควบคุมภายในอาคาร โดยสามารถสั่งควบคุมการตัดต่อโหลดทั้งหมดภายในอาคารได้จากห้องนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการควบคุมภายนอกอาคารจะเป็นการควบคุมจากเว็บไซต์ที่ถูกเขียนขึ้น โดยมีการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลเดียวกันกับโปรแกรมที่อยู่ในห้องควบคุม ทำให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างสอดคล้องระหว่างโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อควบคุมจากภายในอาคารและภายนอกอาคาร(เว็บไซต์) พื้นฐานของหลักการเขียนและออกแบบโปรแกรมทั้งสองคือการทำให้โปรแกรมสามารถรองรับฟังก์ชันทุกฟังก์ชันของเทคโนโลยี สามารถใช้งานได้ง่าย และได้จริง

จากทั้ง 3 ข้อด้านบนจะเห็นได้ว่าทั้ง 3 ส่วนนี้ ต้องมีการนำมาใช้งานร่วมกันเพื่อให้ระบบควบคุมการตัดต่อโดยวิธีใหม่นี้ออกมาได้อย่างสำเร็จและราบรื่น เริ่มจากข้อ 1 ที่มีการสั่งเทคโนโลยีมาทดสอบก่อนที่จะนำไปติดตั้งจริงในตัวอาคารตามการออกแบบและเขียนแบบไฟฟ้าในข้อที่ 2 สุดท้าย หากมีการนำไปติดตั้งจริงในอาคารแล้ว ก็จะเป็นการใช้ผลงานจากข้อ 3 ซึ่งก็คือ การใช้โปรแกรมที่เขียนในการควบคุมทั้งจากภายในและภายนอกอาคารในการควบคุมการตัดต่อไฟฟ้าภายในอาคารของโครงการ โดยการไปควบคุมเทคโนโลยีที่ถูกติดตั้งภายในอาคารตามตำแหน่งในแบบที่ออกแบบไว้ในข้อ 2 ให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทำงานหรือโครงการขนาดใหญ่ ต้องมีการพูดคุย ติดต่อ สื่อสาร และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข้อมูลกันให้มาก เพื่อให้เกิดความเข้าใจและข้อมูลที่ตรงกัน
2. การทำงานบางส่วนจำเป็นต้องปฏิบัติและทดสอบจริงมากกว่านี้ ซึ่งไม่สามารถทำได้เนื่องจากมีปัญหาเรื่องสถานที่ไม่เอื้อต่อการปฏิบัติและมีเหตุไม่คาดคิดบางประการ
3. การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในตัวอาคาร ไม่ได้คำนึงปัจจัยทางด้านงบประมาณ ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาในด้านราคาในภายหลังได้
4. เนื่องจากมีการคิดโหลดภายในตัวอาคารเป็นโหลดคงที่ จึงทำให้ความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงโหลดในอนาคตทำได้ยากขึ้น
5. โปรแกรมควบคุมระบบ อาจมีข้อผิดพลาดและฟังก์ชันการใช้งานยังต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ชาลี กาญจน์นิรันดร์, แชมป์ เรือนคำ, ไชยภพ สงวนศิลป์ และฐานุวัฒน์ พงษ์เพชร, "ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต : การออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกัน," **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต**, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555

[2] "connectBlue" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.connectblue.com/technologies/wireless-technology-overview/

[3] "Xbee Basic Configuration in Network Application" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-Application/Xbee-Basic-Configuration-in-Network-Application.html/

[4] "รีเลย์" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-09.html/

[5] "แมกเนติกคอนแทคเตอร์" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://webserv.kmitl.ac.th/s1010958/web/php/MagneticContactor.php/

[6] "Zigbee Mesh Quick Start Guild" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://assets.controlanything.com/QSG/ZigBee_Mesh_Quick_Start_Guide.pdf/

[7] "ชนิดของสายหุ้มฉนวน"[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก http://e-learning.e-tech.ac.th/learninghtml/E2104/unit02.html

[8] ศุลี บรรจงจิตร, หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า, กรุงเทพฯ :ซีเอ็ดยูเคชั่น 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

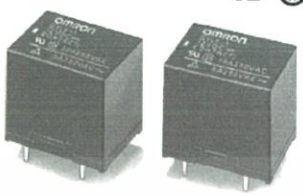
ภาคผนวก ก

ข้อมูลของ Relay บนเทคโนโลยีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G5LE
PCB Power Relay

Cubic, Single-pole 10A Power Relay



- Ideal for a wide variety of applications such as home appliances, OA equipments, vending machines, etc.
- Ambient Operating Temperature 85°C
- UL class-B coil insulation for standard model.
- UL, CSA, EN standards approved and conforms to Electrical Appliance and Material Safety Law (300 V max.).

RoHS Compliant

■Model Number Legend

G5LE-□□□
1 2 3

1. **Number of Poles**
   1: 1-pole
2. **Contact Form**
   None: SPDT (1c)
   A: SPST-NO (1a)
3. **Enclosure rating**
   None: Flux protection
   4: Fully sealed

■Application Examples

- Home appliances
- OA equipments
- Vending machines

G5LE

■Ordering Information

Terminal Shape	Classification	Enclosure rating: Contact form	Flux protection: Model	Flux protection: Rated coil voltage	Fully sealed: Model	Fully sealed: Rated coil voltage	Minimum packing unit
PCB terminals	Standard	SPDT (1c)	G5LE-1	5 VDC	G5LE-14	5 VDC	100 pcs/ tray
				12 VDC		12 VDC	
				24 VDC		24 VDC	
		SPST-NO (1a)	G5LE-1A	5 VDC	G5LE-1A4	5 VDC	
				12 VDC		12 VDC	
				24 VDC		24 VDC	

Note. When ordering, add the rated coil voltage to the model number.
Example: G5LE-1 5 VDC
Rated coil voltage

■Characteristics

Contact resistance *1		100 mΩ max.
Operate time		10 ms max.
Release time		5 ms max.
Insulation resistance *2		100 MΩ min.
Dielectric strength	Between coil and contacts	2,000 VAC 50/60 Hz for 1 min
	Between contacts of the same polarity	750 VAC 50/60 Hz for 1 min
Impulse withstand voltage	between coil and contacts	4,500 V (1.2×50 μs)
Vibration resistance	Destruction	10 to 55 to 10 Hz 0.75 mm single amplitude (1.5 mm double amplitude)
	Malfunction	10 to 55 to 10 Hz 0.75 mm single amplitude (1.5 mm double amplitude)
Shock resistance	Destruction	1,000 m/s²
	Malfunction	100 m/s²
Durability	Mechanical	10,000,000 operations min. (at 18,000 operations/hr)
	Electrical	100,000 operations min. (at 1,800 operations/hr)
Failure rate (P level) (reference value) *3		100 mA at 5 VDC
Ambient operating temperature		-25°C to 85°C (with no icing or condensation)
Ambient operating humidity		35% to 85%
Weight		Approx. 12 g

Note. The data given above are initial values
*1. Measurement conditions: 5 VDC, 1 A, voltage drop method.
*2. Measurement conditions: The insulation resistance was measured with a 500 VDC megohmmeter at the same locations as the dielectric strength was measured.
*3. This value was measured at a switching frequency of 120 operations/min.

■Ratings

●Coil

Rated voltage	Rated current (mA)	Coil resistance (Ω)	Must operate voltage (V)	Must release voltage (V)	Max. voltage (V)	Power consumption (mW)
			% of rated voltage			
5 VDC	79.4	63	75% max.	10% min.	170% at 23°C	Approx. 400
12 VDC	33.3	360				
24 VDC	16.7	1,440				

Note 1. The rated current and coil resistance are measured at a coil temperature of 23°C with a tolerance of ±10%.
2. The operating characteristics are measured at a coil temperature of 23°C.
3. The "Max. voltage" is the maximum voltage that can be applied to the relay coil.

●Contacts

Item / Load	Resistive load	Inductive load (cosφ = 0.4)
Contact type	Single	
Contact material	Ag-alloy (Cd free)	
Rated load	10 A at 120 VAC; 8 A at 30 VDC	5 A at 120 VAC; 4 A at 30 VDC
Rated carry current	10 A	
Max. switching voltage	250 VAC, 125 VDC (30 VDC when UL/CSA standard is applied)	
Max. switching current	10 A	5 A

รูปที่ ก.1 Datasheet ของ Relay พิกัด 10 A บนเทคโนโลยีที่ 1 (หน้า1)

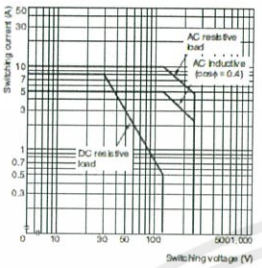
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G5LE

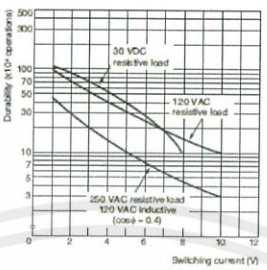
PCB Power Relay

■Engineering Data

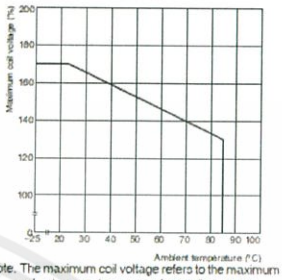
●Maximum Switching Capacity



●Durability

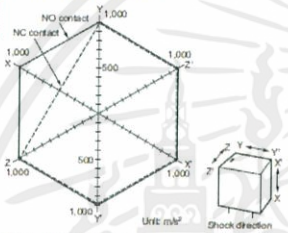


● Ambient Temperature vs. Maximum Coil Voltage



Note. The maximum coil voltage refers to the maximum value in a varying range of operating power voltage, not a continuous voltage.

●Shock Malfunction



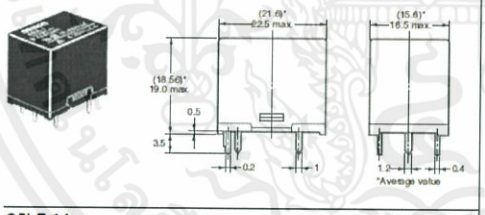
Number of Relays: 5 pcs

Test Conditions: Shock was applied 3 times in each direction with and without excitation and the level at which the shock caused malfunction was measured.

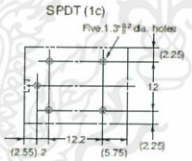
Rating: 100 m/s²

■Dimensions

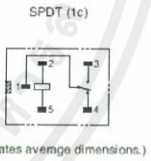
G5LE-1
G5LE-1A



PCB Mounting Holes (Bottom View)
Tolerance: ±0.1 mm unless specified

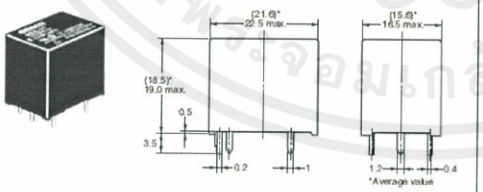


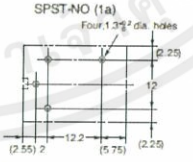
Terminal Arrangement/ Internal Connections (Bottom View)

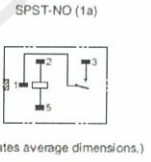


(Indicates average dimensions.)

G5LE-14
G5LE-1A4







(Indicates average dimensions.)

Note: Orientation marks are indicated as follows: ☐ ▨

รูปที่ ก.2 Datasheet ของ Relay พิกัด 10 A บนเทคโนโลยีที่ 1 (หน้า2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G5LE

PCB Power Relay

■Approved Standards

UL Recognized: (File No. E41643)

Model	Contact form	Coil ratings	Contact ratings	Number of test operations
G5LE	SPDT-NO (1a) SPDT (1c)	3 to 48 VDC	10 A, 250 VAC (general use) at 40°C 8 A, 30 VDC (resistive load) at 40°C TV-3 (N.O only) 40°C	6,000

CSA Certified: (File No. LR31928)

Model	Contact form	Coil ratings	Contact ratings	Number of test operations
G5LE	SPDT-NO (1a) SPDT (1c)	3 to 48 VDC	10 A, 250 VAC (general use) at 40°C 8 A, 30 VDC (resistive load) at 40°C TV-3 (N.O only) 40°C	6,000

VDE EN/IEC Certified: (File No. 6850)

Model	Contact form	Coil ratings	Contact ratings	Number of test operations
G5LE	SPDT-NO (1a) SPDT (1c)	5, 12, 24 VDC	10 A, 250 VAC ($\cos\phi$ = 1) 70°C	20,000

TÜV EN/IEC Certified: (File No. R50158258)

Model	Contact form	Coil ratings	Contact ratings	Number of test operations
G5LE	SPDT-NO (1a) SPDT (1c)	5, 12, 24 VDC	2.5 A, 250 VAC ($\cos\phi$ = 0.4) 40°C	100,000
			10 A, 250 VAC (resistive load) at 85°C	50,000
			8 A, 30 VAC (resistive load) at 40°C	100,000

■Precautions

• **Please refer to "PCB Relays Common Precautions" for correct use.**

รูปที่ ก.3 Datasheet ของ Relay พิกัด 10 A บนเทคโนโลยีที่ 1 (หน้า3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต : การออกแบบการควบคุมระบบไฟฟ้าแบบไร้สายภายในอาคาร

Future Center: The Design of Wireless Controlling of Electrical System in the Building

ชยพัทธ์ บูรณะอนุสรณ์ ชิตพล กีรติบรรหาร ชิตพล จินต์อัจฉริยกุล ชินวัฒน์ เอื้อสุวรรณพงษ์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง แขวงลำปลาทิว กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย โทรศัพท์ +66(0) 2329 8000 - 2329 809

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเรื่องการการออกแบบการควบคุมระบบไฟฟ้าแบบไร้สายภายในอาคารในศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต โดยใช้วิธีในการควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้า ซิกบี (Zigbee) นอกจากนี้ยังทำการแบ่งวงจรย่อยของโหลดภายในอาคารตามความสามารถในการควบคุม การตัดต่อของวิธีนั้นๆ รวมถึงการเรียงลำดับความสำคัญของโหลดเหล่านั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดสำหรับตามตรรกะการตัดต่อต่างๆจากนั้นทำ การออกแบบการใช้งานและ Layout วิธีที่เลือกใช้ลงในตัวอาคารศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต รวมถึงการเขียนโปรแกรมทำงานร่วมกับวิธีการควบคุมการตัดต่อนั้น เพื่อควบคุมการตัดต่อทั้งจากภายใน และภายนอกอาคาร ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

คำสำคัญ: การควบคุมระบบไฟฟ้า , วิธีควบคุมแบบไร้สาย , การโปรแกรม

Abstract

This thesis proposes the design of wireless controlling of electrical system in the building in Future Center project. By studying ways to cut electrical system as Zigbee technology. Then continue on redesigning sub-circuit of any kind of load according to capability of that technology and sorting load priority to cut the load according to Objective Function. After that , design application of the selected technology and lay out it into Future Renewable Center Building. Finally , program and design the program that capable to work with the technology to control the cut of the load from both inside and outside the building purposing for the most efficiency.

Keyword: Controlling of Electrical System , Wireless Technology, Programming

1. บทนำ

เพื่อทำให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันของโครงการ Future Center มีความน่าเชื่อถือและล้ำสมัย จึงมีการเลือกใช้วิธีควบคุมการตัดต่อแบบใหม่ที่เหมาะสมกับโครงการมากที่สุด การออกแบบต่างๆ ทั้งการทดสอบ การประยุกต์ใช้งาน รวมถึงการเขียนแบบการติดตั้งลงบนอาคาร FC คู่กับการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมเทคโนโลยีนั้น ต่างจัดทำขึ้นโดยยึดหลักของความยืดหยุ่นและครอบคลุมในการใช้งาน และการนำไปวิจัยต่อยอดในอนาคต

2. ทฤษฎีเทคโนโลยีไวเลส

ข้อดีหลัก ของการใช้ เทคโนโลยี ไวเลส 1.) น้ำหนักเบา และเคลื่อนย้ายสะดวก 2.) ส่งสัญญาณในระยะไกล 3.) ช่วยลำค่าบำรุงรักษาสายเคเบิล 4.) รวดเร็วและง่ายต่อการติดตั้งใช้งาน 5.) มีความยืดหยุ่นสูงในการประยุกต์การติดตั้ง 6.) เพิ่มความปลอดภัย ในพื้นที่เสี่ยงกรณีที่ สายเคเบิลไม่ยาวพอ 7.) ง่ายต่อการรวมอุปกรณ์เข้าไปในเครือข่าย

ตารางที่ 1. การเปรียบเทียบ Wireless Technologies

	Bluetooth technology	Wireless LAN / WLAN	ZigBee / IEEE 802.15.4	Bluetooth low energy technology
การรับส่งข้อมูล	+/-	++	-	-
ความแข็งแรง	++	+/-	+/-	++
ระยะ	10-1000m	50-300m	10-200m	10-250m
ความหนาแน่นของอุปกณ์ในระบบ	++	-	+	++
การสัญจรของข้อมูล	+	++	N/A	N/A
ใช้กับระบบขนาดใหญ่	-	+/-	++	+
ความไว	+	+/-	+	++
การตอบสนอง	-	+/-	++	++
การประหยัดพลังงาน	+	-	++	+++
ราคา	+	-	+	++

+++ = ดีมาก , ++ = ดี , + = ปานกลาง , +/- = พอใช้ , - = แย่

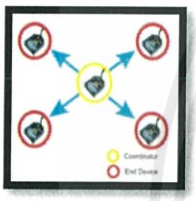
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 เทคโนโลยีซิกบี

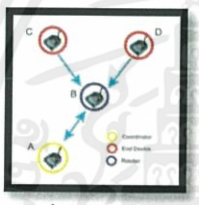
ซิกบี (ZigBee) เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่ร่วมกันสื่อสารข้อมูลผ่านเซ็นเซอร์ขนาดเล็กมาก จำนวนเป็นพันๆ หมื่นๆ ชิ้นที่ฝังอยู่ตามส่วนต่างๆ ในอาคาร สำนักงาน โรงงาน หรือแม้แต่ในบ้าน การทำงานของซิกบี จะเป็นการรับ-ส่ง คลื่นสัญญาณข้อมูล ผ่านชิพเล็กๆนี้จุดต่อจุดไปเรื่อยๆจนถึงปลายทางที่ต้องการดาวน์โหลดข้อมูล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล อัตราการส่งข้อมูลของซิกบีมี 3 ระดับคือ 250 kbps (ที่ความถี่ 2.4 GHz) 40 kbps (ที่ความถี่ 915 MHz) และ 20 kbps (ที่ความถี่ 868 MHz)

2.2 ทฤษฎีโครงข่ายซิกบี

ในการสร้างโครงข่ายไร้สายของ ZigBee นั้นจะต้องประกอบด้วยโหนด จำนวนอย่างน้อยที่สุด 2 ชนิด คือ Coordinator node และ node ลูกข่าย ชนิดใดชนิดหนึ่ง (Router/End device) จึงจะสามารถสื่อสารและทำงานในรูปแบบของ PAN (Personal area network) ได้ สามารถแบ่งรูปแบบเครือข่ายได้เป็น 3 รูปแบบ



รูปที่ 1. Star (Broadcast)



รูปที่ 2. Cluster Tree (Tree)

รูปที่ 3. Mesh

2.3 องค์ประกอบเครือข่ายซิกบี

2.3.1 โคออดิเนเตอร์ (Coordinator) - การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์

2.3.2 เราท์เตอร์ (Router) - เชื่อมต่อโคออดิเนเตอร์และเอ็นพ้อย

2.3.3 เอ็นพ้อย (Endpoint) - อุปกรณ์ห่างไกล

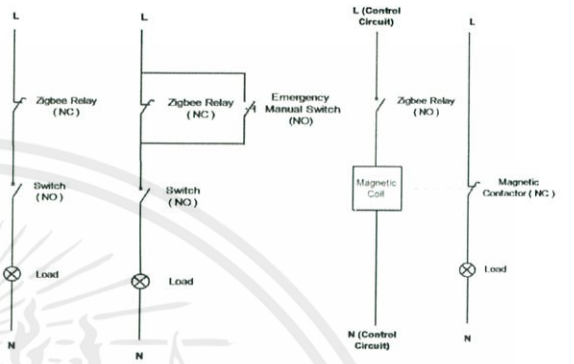
รูปที่ 4. สัญลักษณ์ของโคออดิเนเตอร์ เราท์เตอร์ เอ็นพ้อย ตามลำดับ

2.4 ลักษณะของเครือข่ายซิกบี

โคออดิเนเตอร์ใช้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ทั้งใช้สื่อสารกับเครือข่ายซิกบีแต่ควรใช้เพียง 1 โคออดิเนเตอร์เท่านั้นนอกจากนี้โคออดิเนเตอร์สามารถติดต่อได้สูงสุดได้ถึง 8 เอ็นพ้อยหรือเราท์เตอร์ ในการรวมกันซึ่งอุปกรณ์คือเอ็นพ้อยและเราท์เตอร์สามารถเป็นสะพานส่งข้อมูลระหว่างโคออดิเนเตอร์และเอ็นพ้อยแต่ควรใช้เราท์เตอร์ในการส่งข้อมูลให้น้อยที่สุดเพราะมีความไวในการส่งข้อมูลต่ำ

3. การออกแบบระบบตัดต่อทางไฟฟ้า

หลังจากที่ได้มีการเลือกใช้เทคโนโลยีที่ 1 แล้ว การติดตั้งรีเลย์และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ในโหลดที่แตกต่างกันในหัวข้อนี้จะแสดงวิธีการต่อซิกบี รีเลย์และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ โดยจะมีการต่อวงจรที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการ ไปใช้ โดยจะสามารถแบ่งเป็น กรณีที่นำไปใช้กับโหลดเบาที่ไม่จำเป็น โหลดเบาที่จำเป็น และโหลดหนัก



รูปที่ 5. วงจรการเชื่อมต่อ รีเลย์

รูปที่ 5 ทางด้านซ้าย คือ การต่อรีเลย์กับโหลดเบา จะเป็นการต่อซิกบี รีเลย์กับสวิตซ์โดยการต่อแบบอนุกรมกันและเชื่อมต่อกับโหลดเบา เช่น โหลดหลอดไฟ และโหลดที่ไม่จำเป็นต่างๆที่สามารถตัดออกได้

รูปที่ 5 ตรงกลาง คือ การต่อรีเลย์และสวิตซ์ฉุกเฉินกับโหลดเบาที่จำเป็นจะเป็นการต่อซิกบี รีเลย์กับสวิตซ์ฉุกเฉิน โดยนำมาขนานกันและนำมาต่ออนุกรมกับสวิตซ์อีกทีจากนั้นนำมาเชื่อมต่อกับโหลดเบาที่จำเป็น เช่น โหลดหลอดไฟ ที่จำเป็นต้องใช้งานได้ยามฉุกเฉิน

รูปที่ 5 ด้านขวามือ คือ การต่อซิกบี รีเลย์และแมกเนติกคอนแทคเตอร์กับโหลดหนัก จะเป็นการต่อซิกบี รีเลย์กับวงจรควบคุมแมกเนติกคอนแทคเตอร์โดยจะใช้หน้าสัมผัสปกติปิด (NC) ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์มาเชื่อมต่อกับโหลดหนัก

4. การออกแบบการทดสอบ

ก่อนที่ไปติดตั้งใช้จริงในจะต้องมีการนำมาตรวจสอบการทำงานก่อน ในเรื่องของฟังก์ชันหรือหน้าที่ของ Module Zigbee แต่ละตัวที่แตกต่างกัน ได้แก่ Coordinator , Router และ Endpoint รวมถึงทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆของ Zigbee

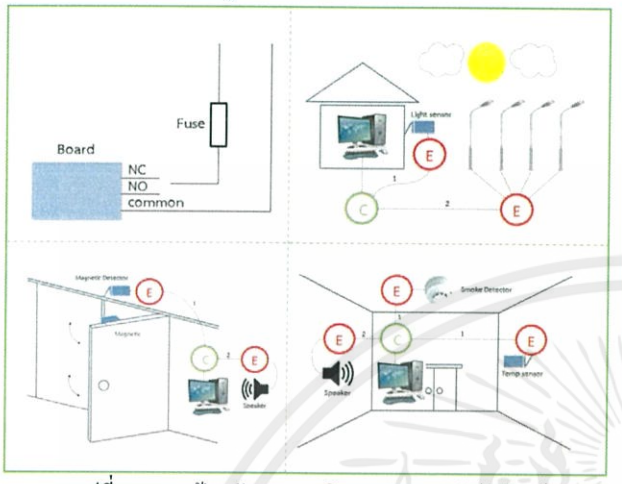
รูปที่ 6. (ซ้าย) ทดสอบการทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์

รูปที่ 7. (ขวา) ทดสอบระยะทางการรับ/ส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การออกแบบติดตั้งใช้งานจริง

เมื่อทำการทดสอบอุปกรณ์ต่างๆเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในโครงการ โดยมีการออกแบบในด้านการป้องกันและเน้นความปลอดภัยดังรูปที่ 8



รูปที่ 8. ระบบป้องกันกระแสเกิน ระบบตรวจจับไฟไหม้
ระบบเตือนภัยเมื่อมีคน เข้า/ออก ระบบเปิดไฟอัตโนมัติ

6. การออกแบบระบบไฟฟ้า

ในส่วนจะแสดงการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารโดยมีการ Layout ระบบไฟฟ้าคู่กับระบบควบคุมการตัดต่อ ซึ่งก็คือ การจัดวางวิธีควบคุมการตัดต่อโหลดนั้นแบบไร้สาย (Zigbee) ลงในแบบแปลนของอาคารนั่นเอง

6.1 การนำโหลดมาแบ่งวงจรย่อยและเรียงลำดับความสำคัญ

การนำโหลดมาแบ่งวงจรย่อยของโหลดโดยแบ่งตามความสามารถในการตัดต่อของ Relay บนเทคโนโลยี และเน้นให้วงจรย่อยนั้นเล็กที่สุด เพื่อใช้ในระบบควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้าตาม Objective Function ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

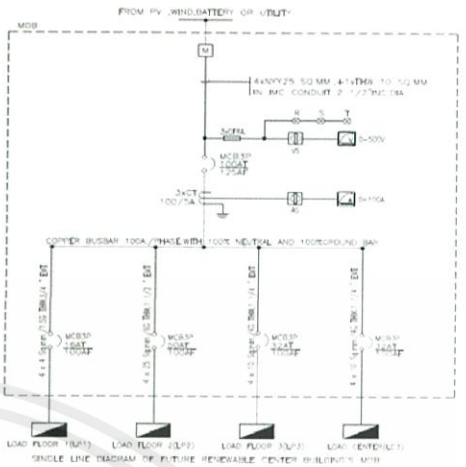
เมื่อแบ่งวงจรย่อยแล้วก็จะมาจัดเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละวงจรย่อย เพื่อนำไปใช้ในการคิดตรรกะหรือโลจิกในการตัดต่อตาม Objective Function ไม่ว่าจะเพื่อทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด , เพื่อให้อยู่รอดด้วยตัวเองได้ และเพื่อความประหยัด

6.2 การ Balance Phase ภายในส่วนอาคารของโครงการ

ตารางที่ 2. บาลานซ์โหลดชั้นที่ 1

PROJECT : LP1 220 V. PANEL BOARD SCHEDULE									SHEET NO.
PANEL NO : LP1									
CIRCUIT 6									LOCATION : 1st FLOOR
MAIN CIRCUIT BREAKER									MOUNTING : WALL
Circuit No.	Description	Level (VA)			CB			Conductor	
		A	B	C	Pole	AT	IC	Type	Size(mm^2)
1	Lighting	62.5	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
3	Lighting	-	62.5	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
5	Receptacle	-	-	180	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
2	Receptacle	540	-	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
4	Water Pump	-	625	-	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
6	Water Pump	-	-	625	1	16	5	THW	2×2.5/1.5G
		602.5	688	805	MAIN CB			MAIN(mm^2)	
		2,096			3P ,16 AT IC ≥ 25 KA OR LUGS (-A)			4 - THW 4 1 - THW 1.5 G IN : EMT Dia 3/4"	

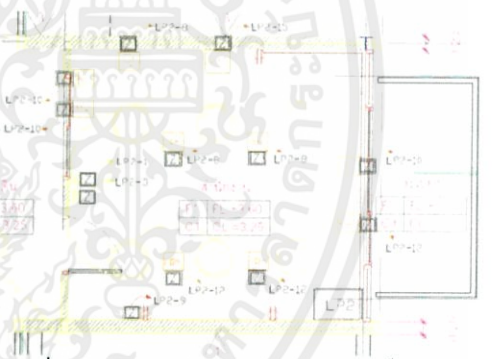
6.3 วันไลน์ไดอะแกรมภายในอาคารของโครงการ



รูปที่ 9. วันไลน์ไดอะแกรมของตู้ MDB

6.4 การเขียนแบบไฟฟ้าภายในอาคาร

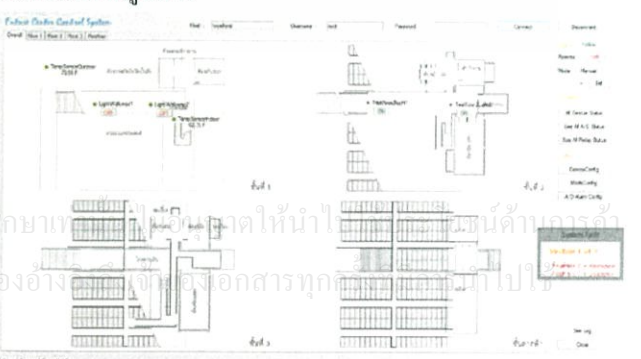
การเขียนแบบไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรม AutoCAD ซึ่งแบบไฟฟ้านี้จะประกอบไปด้วยระบบแสงสว่าง เต้ารับ ระบบปรับอากาศและเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด โดยระบบควบคุมการตัดต่อจะมีการเขียนอุปกรณ์ควบคุมการตัดต่อ Zigbee ลงในแบบด้วย



รูปที่ 10. แบบแปลนแผนผัง ห้องสำนักงาน ชั้น 2

7. โปรแกรมควบคุม

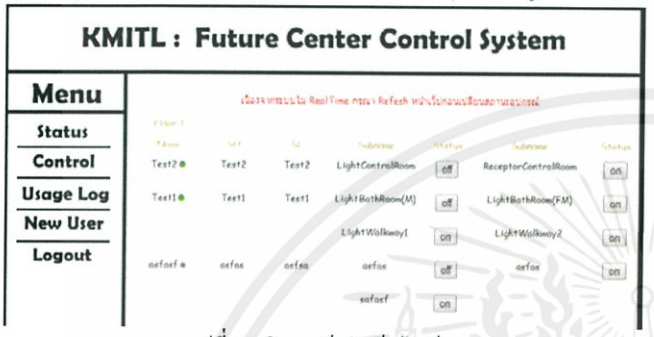
การทำงานของระบบควบคุมจะมีการทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรม , เว็บไซต์ , ฐานข้อมูล และ โมดูลของอุปกรณ์ Zigbee โดยที่โปรแกรมจะมีความสามารถในการประมวลผลและรับคำสั่ง ซึ่งมีอินเตอร์เฟส ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11. อินเตอร์เฟสโปรแกรมควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ... การศึกษาเพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น ... ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ... และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมนี้มีคำสั่งควบคุมการทำงานหลายแบบ เช่น การเปิด/ปิดวงจร โดยควบคุมโมดูล Zigbee ผ่านโปรแกรมควบคุม , อ่านค่าสถานะ อนาล็อคทูดิจิตอล (ค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์) เพื่อนำมาแสดงในโปรแกรมควบคุม , ตั้งค่าการเตือนให้กับอุปกรณ์ในระบบ ผ่านการตั้งค่าระดับการเตือน โดยอ้างอิงการอ่านค่าจากค่าเซนเซอร์ที่อ่านจากโมดูล , สั่งการคำสั่งเป็นชุดคำสั่ง โดยสามารถสร้างชุดคำสั่งเพื่อสั่งควบคุมอุปกรณ์จำนวนมากๆได้ โดยที่สามารถควบคุมจากเว็บไซต์ผ่านฐานข้อมูลกลางได้เช่นกัน อินเตอร์เฟสเว็บไซต์ควบคุมเป็นดังรูปที่ 12



รูปที่ 12. อินเตอร์เฟสเว็บไซต์

8. สรุป

การที่จะทำให้ระบบควบคุมการตัดต่อโดยวิธีใหม่นี้ สามารถทำงานได้อย่างสำเร็จและราบรื่น คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการ 3 ขั้นตอนตามลำดับ คือ 1.) เลือกและสั่งซื้อเทคโนโลยีที่มีการใช้วิธีใหม่นี้มาทดสอบก่อนที่จะนำไปติดตั้งจริงในตัวอาคาร เพื่อทดลองผลและเก็บค่าต่างๆ 2.) ออกแบบและเขียนแบบไฟฟ้าภายในอาคาร โดยรวมถึงการเขียนเทคโนโลยีลงในแบบแปลนของอาคาร เพื่อเตรียมพร้อมในการติดตั้งใช้งานจริงในตัวอาคาร และข้อ 3.) ก็จะเป็นการเขียนโปรแกรมควบคุมการตัดต่อทั้งจากภายในและภายนอกอาคารในการควบคุมการตัดต่อโหลดหรือภาระทางไฟฟ้าภายในอาคารของโครงการ จากการที่โปรแกรมสามารถรองรับการสั่งควบคุมเทคโนโลยี ให้ทำงานได้ในทุกฟังก์ชัน จากขั้นตอนทั้งหมดนี้ ทำให้สามารถควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้าในโครงการให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดได้

9. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา ความเอาใจใส่ดูแลเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชาย ชมพูอินไหว และรองศาสตราจารย์ ศุลี บรรจงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทั้งนี้คณะผู้วิจัยรู้สึกปลาบปลื้มและซาบซึ้งถึงพระคุณ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ได้ให้การช่วยเหลือ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยก็ขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] ชาลี กาญจน์นิรันดร์, แชมป์ เรือนคำ, ไชยภพ สงวนศิลป์ และฐานุวัฒน์พงษ์เพชร, “ศูนย์พลังงานทดแทนเพื่ออนาคต :การออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกัน,” **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต**, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555

[2] “connectBlue” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.connectblue.com/technologies/wireless-technology-overview/

[3] “Xbee Basic Configuration in Network Application” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-Application/Xbee-Basic-Configuration-in-Network-Application.html/

[4] “รีเลย์” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-09.html/

[5] “แมกเนติกคอนแทคเตอร์” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://webserv.kmitl.ac.th/s1010958/web/php/MagneticContactor.php/

[6] “Zigbee Mesh Quick Start Guild” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://assets.controlanything.com/QSG/ZigBee_Mesh_Quick_Start_Guide.pdf/

[7] “ชนิดของสายหุ้มฉนวน”[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก http://e-learning.e-tech.ac.th/learninghtml/E2104/unit02.html

[8] ศุลี บรรจงจิตร, หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า, กรุงเทพฯ :ซีเอ็ดยูเคชั่น2547

นาย ชยพัทธ์ บูรณะอนุสรณ์
จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา:
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง

นาย ชิตพล กีรติบรรหาร
จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา:
โรงเรียนอัสสัมชัญสมุทรปราการ

นาย ชิตพล จินต์อัจฉริยกุล
จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา:
โรงเรียนวัดนวลนรดิศ

นาย ชินวัฒน์ เอื้อสุวรรณพงษ์
จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา:
โรงเรียนสตรีศรีน่าน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือจำหน่ายโดยประการที่น่าจะทำให้ผู้อื่นเข้าใจได้ว่าเป็นของตน ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยฯ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย ชยพัทธ์ บูรณะอนุสรณ์ เกิดวันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2535
ที่อยู่ : 49/103 ถ.เสรีไทย เขตบึงกุ่ม แขวงคลองกุ่ม จ.กรุงเทพฯ 10240
เบอร์โทรศัพท์ : 087-5074533
E-mail : chayapat2535@gmail.com

นาย ชิตพล กีรติบรรหาร เกิดวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2535
ที่อยู่ : 341/51 ถ.สุขุมวิท 101/1 แขวงบางจาก เขตพระโขนง จ.กรุงเทพฯ 10260
เบอร์โทรศัพท์ : 086-0498634
E-mail : chuty197@hotmail.com

นาย ชิตพล จินต์อัจฉริยกุล เกิดวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2535
ที่อยู่ : 85 ถ.กาญจนาภิเษก แขวงบางแค เขตบางแค จ.กรุงเทพฯ 10160
เบอร์โทรศัพท์ : 084-5459631
E-mail : es_oxigen@hotmail.com

นาย ชินวัฒน์ เอื้อสุวรรณพงษ์ เกิดวันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2534
ที่อยู่ : 7/7 ถ.เจตบุตร ต.ในเวียง อ.เมือง จ.น่าน 55000
เบอร์โทรศัพท์ : 089-7550998
E-mail : darkforeverz@windowslive.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้