



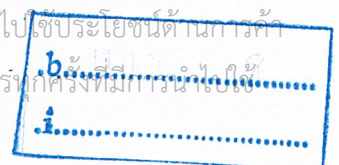
ระบบควบคุมไฟฟ้าในแหล่งท่องเที่ยวโดยใช้โปรแกรมควบคุม
(Control of Electrical System in Tourism by Programming Method)



นาย ประเสริฐกิจ เชาวประมวลกุล
นาย ปรัชญา พรมโส
นาย ปิติภพ หวังวิริยะพันธ์
นาย พรชัย ตีระนาถวิทยากุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55610
วันที่ เดือน ปี 20 พ.ค. 2548



ระบบควบคุมไฟฟ้าในแหล่งท่องเที่ยวโดยใช้โปรแกรมควบคุม
(Control of Electrical System in Tourism spot by Programming Method)



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมไฟฟ้าในแหล่งท่องเที่ยวโดยใช้โปรแกรมควบคุม

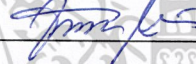
Control of Electrical System in Tourism by Programming

ผู้จัดทำ

- | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|
| 1. นาย ประเสริฐกิจ เชาว์ประมวถกุล | รหัสประจำตัว | 43010254 |
| 2. นาย ปรัชญา พรหมโส | รหัสประจำตัว | 43010257 |
| 3. นาย ปิติภพ หวังวิริยะพันธ์ | รหัสประจำตัว | 43010271 |
| 4. นาย พรชัย ตีระนาถวิทยากุล | รหัสประจำตัว | 43010287 |

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. นิตินันท์ กลุณณจินดา)



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ชนินันท์ ทิพโยภาส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมไฟฟ้าในแหล่งท่องเที่ยวโดยใช้โปรแกรมควบคุม

นาย ประเสริฐกิจ เชาว์ประมวลฤๅ43010254

นาย ปรัชญา พรหมโส 43010257

นาย ปิติภพ หวังวิริยะพันธ์ 43010271

นาย พรชัย ศิระนาถวิทยากุล 43010287

รศ. นิตศน์ กฤษณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ชนินทร์ ทิพย์โภาส อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมของประเทศได้เจริญเติบโตพัฒนาไปเป็นอย่างมาก ซึ่งมีผลให้รายได้ของประเทศมีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น นอกเหนือจากรายได้จากด้านเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมแล้ว ยังมีรายได้ช่องทางที่สามารถเพิ่มรายได้เข้าประเทศมากยิ่งขึ้น คือ การท่องเที่ยว

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งท่องเที่ยวที่อุดมสมบูรณ์ ซึ่งสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีรายได้จากการท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก แหล่งท่องเที่ยวในประเทศไทยมีอยู่มากมายหลายแห่งด้วยกัน เพราะประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติจึงส่งผลให้มีแหล่งท่องเที่ยวมากมาย แหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ นั้น ได้ดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเป็นอย่างมาก จึงทำให้ได้มีการพัฒนาในรูปแบบต่าง ๆ มากขึ้น เพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เข้ามาเยี่ยมชม จะเห็นได้ว่าในบรรดาแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ที่ได้มีการพัฒนานั้น ยังมีบางแห่งที่อาจยังไม่ได้มีการพัฒนาดูแลเท่าที่ควร ได้แก่ ถ้ำ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเทคโนโลยีที่อยู่ภายในประเทศมาใช้กับถ้ำ เพื่อพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวอีกแบบหนึ่ง ซึ่งได้ทำการออกแบบระบบไฟฟ้าต่างๆภายในถ้ำโดยเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายในถ้ำและสามารถควบคุมการทำงานของระบบต่างๆได้โดยการเขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งสามารถควบคุมระบบต่างๆได้อีกทั้งสามารถปรับให้เข้ากับนิเวศวิทยาภายในถ้ำได้เป็นอย่างดี วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นอกจากจะเป็นการพัฒนาถ้ำเพื่อการท่องเที่ยวเพื่อหารายได้เข้าประเทศตามนโยบายของภาครัฐแล้ว ยังนับเป็นโปรเจกต์นำร่อง (pilot project) ครั้งแรกที่มีการพัฒนาถ้ำโดยนำเทคโนโลยีที่มีเข้ามาใช้เป็นแห่งแรกในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Control of Electrical System in Tourism by Programming

Prasertkij Chaopramoukulkul

Prachaya Promso

Petiphop Wangviriyaphan

Pornchai Tiranatvittayakul

Associate.Prof.Nitad Kritsanajinda Advisor

Assist.Prof.Chanin Tipayophad Advisor

ABSTRACT

In present, the development of technology and economy are very fast that can make a lot of income to Thailand. Besides we can get a lot of incomes from travelling.

Thailand is the country that has many perfect travelling places. Many tourists are interested in travelling places in Thailand so we can have a lot of incomes from tourists. Many travelling places are in Thailand because we have the perfect natural. When the tourists travel in Thailand every times, we have to develop about area or around places in the travelling places. We have to develop because we would like to have many tourists will come to travel again. But we can observe that somewhere for travelling places in Thailand didn't develop to be better than the past. We mentioned somewhere is " Cave ".

This thesis bring technology which we can find it in our country to use for the cave. It can develop both of the cave and travelling in Thailand. And we designed electrical system and be suitable for environment in the cave. Electrical system can be controlled by program. We use the Visual Basic Program for controllable electrical system. This thesis besides to develop the cave, it can support the policy of the government that get the income for travelling in Thailand too. And for this thesis, it is the pilot 's project in Thailand that bring technology to use for the cave.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ทำให้ข้าพเจ้าได้มีมุมมองที่กว้างขึ้นเปรียบเสมือนการได้เรียนรู้วิชาที่ว่าด้วยการดำรงชีวิตในกลุ่มสังคมที่แตกต่างกัน ซึ่งแน่นอนว่าในการทำงานเป็นกลุ่มนั้นปัญหาภายในกลุ่มนั้นเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่ด้วยความที่การทำงานเป็นกลุ่มนั้นก็เพื่อจุดมุ่งหมายเดียวกัน จึงทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นหมดไปได้ ทั้งนี้ข้าพเจ้าต้องขอขอบคุณเพื่อนๆผู้ร่วมทำปฏิญานิพนธ์ทุกคนที่ได้ร่วมกันทำแก้โจทย์ที่เป็นปัญหาของการทำงานตลอดปีการศึกษา

ทั้งนี้การทำปฏิญานิพนธ์จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ หากว่าไม่มีอาจารย์ที่ปรึกษา คือ รศ. นิตินันท์ กฤษณจินดา และ ผศ. ชนินทร์ ทิพย์โสภาส ที่คอยดูแลและช่วยชี้แนะในการแก้ปัญหาตลอดจนให้โอกาสให้ข้าพเจ้าและเพื่อนผู้ร่วมทำปฏิญานิพนธ์ได้คิดและทำปฏิญานิพนธ์ในส่วนที่นอกเหนือสิ่งเป็นขอบเขตของการศึกษาที่จะนำประโยชน์แก่การศึกษา และประโยชน์แก่ส่วนรวมได้ ตลอดจนต้องขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดาที่ให้โอกาสในการศึกษาแก่ข้าพเจ้า และโอกาสในสิ่งอื่นหลายต่อหลายครั้งไม่ว่าข้าพเจ้าจะทำผิดพลาดอย่างไรก็ตาม ทั้งนี้ผู้ที่ข้าพเจ้าจะลืมไม่ได้เลยคือ พี่ชาย พี่สะใภ้ที่ให้ที่พักพิงแก่ข้าพเจ้า พี่ชายและน้องสาวที่เป็นกำลังใจให้ พี่สุนทร ฝ่ายหมื่นไวย (พี่ต๋ม) ที่เป็นผู้ให้โอกาสแก่ชีวิตในด้านการงานและชี้แนะในด้านการศึกษาแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบพระคุณ คุณปรมิินทร์ วงศ์สุวรรณ (หัวหน้าอุทยานแห่งชาติเอราวัณ) และพี่ๆเจ้าหน้าที่ภายในอุทยานฯ, บริษัท GREEN FURNITURE จำกัด, บริษัท DLT จำกัด ตลอดทั้งหน่วยงานต่างๆที่ให้ข้อมูลแก่การทำปฏิญานิพนธ์ ตลอดจนถึงศักดิ์สิทธิ์ในสากลโลกที่คุ้มครองปกป้องรักษาให้ ข้าพเจ้า เพื่อนผู้ร่วมทำปฏิญานิพนธ์และทุกท่านทำงานได้อย่างสำเร็จลุล่วง อย่างปลอดภัย

(นายประเสริฐกิจ เชาว์ประมวลกุล)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้จะสำเร็จไม่ได้เลยถ้าหากขาดอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่านนี้ คือ รศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา และ ผศ.ชนินทร์ ทิพย์โยภาส ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ รวมทั้งการอบรมสั่งสอนต่างๆ ทั้งในตำราและนอกตำรา พี่คัม ที่คอยให้ความรู้ความช่วยเหลือ ในทุกด้าน ขอขอบคุณหน่วยงานราชการ ได้แก่ กรมป่าไม้ วนอุทยานแห่งชาติเอราวัณ โครงการอุทยานอุตสาหกรรม สจล. และ บริษัทต่างๆ อันได้แก่ บริษัท DLT บริษัท Green Furniture บริษัท Living Land ที่ได้ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี รวมถึงหน่วยงานต่างๆที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้

สิ่งสำคัญที่สุดที่ขาดไม่ได้เลย คือ พระคุณของบิดามารดา ที่ได้ให้กำเนิด อบรมสั่งสอน และ ส่งเสียเล่าเรียน จนลูกคนนี้มีได้ดังทุกวันนี้ พี่แอน น้องเบลล์ ที่ได้เติบโตมาด้วยกัน และดูแลซึ่งกันและกันตลอดมา อาจารย์ประจำภาควิชาไฟฟ้าทุกท่าน ที่ได้สอนสั่งอบรมบ่มวิชา เพื่อนๆ ชาว 212 Café ทุกคน พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ องค์กรนักศึกษา สำหรับวันเวลาในการทำกิจกรรมด้วยกัน จนทำให้ข้าพเจ้าคนนี้ได้มีโอกาสทำงานเพื่อสถาบันอันเป็นที่รักยิ่ง เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ประจำภาควิชาไฟฟ้า และ ภาควิชาอื่นๆทุกคน ที่ได้ให้การช่วยเหลือดูแลกันด้วยดีเสมอมา เพื่อนๆ ที่ไปมหาวิทยาลัยโตโกด้วยกัน และเพื่อนชาวญี่ปุ่นที่ สร้างความทรงจำที่ดี ขอขอบคุณครับ



(นาย ปิติภพ หวังวิริยะพันธ์)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับการช่วยเหลือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงคือ รศ. นิตินันท์ กฤษณจินดา และ ผศ. ชนินทร์ ทิพโยภาส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความช่วยเหลือเอาใจใส่และคอยให้คำปรึกษา แนะนำ ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และบุคคลที่คอยให้ความประสานงานต่าง ๆ คุณ ประมินทร์, คุณ ประพฤติ, พี่ตั้ม, พี่ ชนินทร์, พี่ วีระ, พี่ โอ๊ต และบริษัทต่าง ๆ ที่คอยให้ความประสานงานเช่น บริษัท All LIGHT , Phillipe, กรมป่าไม้ , โดยเฉพาะอุทยานแห่งชาติเอราวัณ ที่ให้ ใช้อำนาจพระธาตุ เป็นกรณีศึกษา ต้องขอขอบพระคุณมา ณ. ที่นี้ด้วย

เพื่อน ๆ ชาว 212 CAFE ที, โอน, ดัน, หนึ่ง, แบล็ค, หวาน, เจ็ย, โจ้ และเพื่อน อีกหลายคนที่ไม่ได้กล่าวถึงที่คอยให้คำปรึกษาเมื่อคิดอะไร ไม่ออก และเพื่อนที่คอยคุยโทรศัพท์เวลาเหงาหรือคิดอะไร ไม่ออกและขอบพระคุณ ห้องทำงาน และอุปกรณ์การทำงานทุกชิ้น ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนครับ

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ คือ บิดามารดา อันเป็นที่เคารพยิ่งที่ให้โอกาสทางการศึกษาอย่างเต็มที่ และพี่สาวที่คอยส่งเสียค่าเล่าเรียน และยังคงคอยให้กำลังใจ และเอาใจใส่ตลอดมาและดูแลตลอดมา ในทุกด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกพระคุณ และขอกราบขอบพระคุณ ณ. ที่นี้ด้วย

.....
(ปรัชญา พรหมโส)

กิตติกรรมประกาศ

ต้องขอขอบคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากบุคคลหลายฝ่ายเป็นอย่างดี ดังรายชื่อที่ได้ปรากฏด้านล่าง ทางผู้เขียนจึงใคร่ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ทัศนีย์ กลุณจินดา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชนินทร์ ทิพย์ภาส

กรมป่าไม้ และ อุทยานแห่งชาติน้ำตกเอราวัณ

คุณปรมินทร์ วงศ์สุวรรณ (หัวหน้าอุทยานแห่งชาติน้ำตกเอราวัณ)

บริษัท ดี แอล ที CO., Ltd.

คุณ ประพททธิ์ เหนระกุล

คุณ ประทีป อมรวิทย์กิจเวชา

คุณ ศรีพงษ์ บุญโสภณ

คุณ ประวิทย์ ทานตะวิริยะ

คุณ บุญเรือง มานะศิริมงคล

คุณ วรพงศ์ คีฤทธิ์

บริษัท Green Furniture CO., Ltd.

คุณ ชนินทร์ วิสิทธิ์กมลโยธิน

บริษัท Philip Electronics (Thailand) CO., Ltd.

คุณ เชษฐา ศรีเวช

บริษัท Western Decor Corporation Co., LTD

คุณ ھرรษา หิรัญญนิธิวัฒนา

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ตั้งกวงไถ่

คุณ สุเทพ ตีระนาถวิทยากุล

คุณ สุนิสา ตีระนาถวิทยากุล

คุณ ศิริพร ตีระนาถวิทยากุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยู่ได้เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(พรัยษ์ ตีระนาถวิทยากุล)

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทกัศย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	VII
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีการออกแบบ	5
2.1 บทนำ	5
2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า	9
2.3 Circuit Breaker	16
2.4 แรงดันตก	18
2.5 สายไฟฟ้า	20
2.6 ท่อสาย	25
2.7 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน	26
2.8 แหล่งกำเนิดแสง	28
2.9 โคม	30
2.10 การต่อลงดิน	31
2.11 ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน	34
2.12 การจัดลำดับของบริภัณฑ์การป้องกัน	35
บทที่ 3 การคำนวณระบบไฟฟ้า	41
3.1 การคำนวณไฟทางเดินซึ่งแบ่งออกเป็น 20 Circuit	41
3.2 การคำนวณโหลดไฟแสดงชั้นงาน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
3.3 การคำนวณปลั๊กซ์	43
3.4 ระบบไฟฉุกเฉิน	43
3.5 การ Balance Load	43
3.6 การคำนวณกระแส Short Circuit ที่ตำแหน่งต่างๆของระบบ	44
3.7 การคำนวณแรงดันตก	52
3.8 การคำนวณเบตเตอร์	62
บทที่ 4 การควบคุมระบบไฟฟ้าโดยการเขียนโปรแกรมควบคุม ALL LIGHT	64
4.1 พื้นฐานเกี่ยวกับระบบ ALL LIGHT	64
4.2 การเชื่อมต่อชุดควบคุม ALL LIGHT ในลักษณะของ Network Switch	65
4.3 รูปแบบคำสั่ง ALL LIGHT Protocol	67
4.4 ALL LIGHT Protocol Table	69
4.5 การต่อ ALL LIGHT Controller ระหว่างกล่อง (Inter Port)	71
4.6 บทนำการเขียนโปรแกรมควบคุม	73
4.7 เริ่มต้นการเขียนโปรแกรมระบบ ALL LIGHT ด้วย Visual Basic	73
4.8 Flow Chart ลำดับการทำงานของกล่องควบคุมระบบไฟฟ้า	78
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	79
บรรณานุกรม	80
ภาคผนวก	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2.1 แสดงความหมายของตัวเลขในการป้องกัน	34
ตารางที่ 4.1 รูปแบบ Output Data	67
ตารางที่ 4.2 รูปแบบ Input Data	68



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1-1 การนำเสนอต่อवनอุทยาน	3
รูปที่ 1-2 Prof. Elery Hamiton Smith and Mr.Dean Smart	3
รูปที่ 1-3 Flow Chart การทำงาน	4
รูปที่ 2-1 การแสดงการทำงานของวงจรแสงสว่างทางเดิน	6
รูปที่ 2-2 แสดงบรรยากาศจำลองภายในห้องเสาเอก	7
รูปที่ 2-3 แสดงบรรยากาศจำลองภายในห้องหินพระธาตุ	7
รูปที่ 2-4 การแสดงการทำงานของวงจรแสงสว่างแสดงชิ้นงาน	8
รูปที่ 2-5 การแสดงการทำงานของวงจรแสงสว่างฉุกเฉิน	8
รูปที่ 2-6 แสดง Flow Chart ขั้นตอนการคำนวณขนาดสายไฟ	24
รูปที่ 2-7 แสดง Single – Line Diagram ของระบบไฟฟ้าย่อย	36
รูปที่ 2-8 Fully Selective Protective System	37
รูปที่ 2-9 Partially Selective Protective System	37
รูปที่ 2-10 Single – Line Diagram	38
รูปที่ 2-11 Flow Chart ขั้นตอนการหาขนาดบริภัณฑ์ป้องกัน	40
รูปที่ 4-1 ตำแหน่ง Jumper	65
รูปที่ 4-2 ค่าตำแหน่งของ Jumper	65
รูปที่ 4-3 สัญลักษณ์การ Open Jumper และ Close Jumper	66
รูปที่ 4-4 เป็น set jumper ให้เป็น 1	66
รูปที่ 4-5 เป็นการ set jumper ID เป็น $2 + 8 + 20 = 30$	66
รูปที่ 4-6 การต่อ ALL LIGHT Computer Control เข้ากับ Port RS-232 (Serial Port)	70
รูปที่ 4-7 แสดงช่องสัญญาณ Inter Port ของ ALL LIGHT Box	71
รูปที่ 4-8 การต่อ ALL LIGHT Controller ระหว่างกล่อง (Inter Port)	71
รูปที่ 4-9 การต่อ ALL LIGHT Controller กับอุปกรณ์สั่งงาน (Local Port)	72
รูปที่ 4-10 หน้าต่างคอนโทรลโปรแกรม	73
รูปที่ 4-11 แถบเครื่องมือของ Microsoft Visual Basic	74
รูปที่ 4-12 แสดงหน้าจอ Component	74
รูปที่ 4-13 แถบเครื่องมือ Microsoft Visual Basic	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 4-14 แสดง Form ที่กำลังใช้งานอยู่ icon ของ Microsoft Comm Control	75
รูปที่ 4-15 แสดงหน้าจอกำหนดคุณสมบัติ	76
รูปที่ 4-16 แสดงหน้าจอ Property	77
รูปที่ 4-17 แสดงการเปลี่ยนค่าที่แถบ Buffers	77
รูปที่ 4-18 แสดง Flow Chart การทำงาน โดย Visual Basic 6.0	78



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันประเทศไทยนั้น ได้มีความก้าวหน้าเป็นอย่างมากในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเทคโนโลยี หรือทางด้านอุตสาหกรรมก็ตาม ซึ่งส่งผลให้ประเทศไทยมีรายได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก นอกเหนือจากการพัฒนาทางด้านต่างๆแล้ว รายได้สำคัญของประเทศที่สามารถทำรายได้มากที่สุดคือ รายได้จากการท่องเที่ยว ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติมากมายจึงส่งผลให้ มีแหล่งท่องเที่ยวภายในประเทศมากมาย ซึ่งสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี

ดังนั้นจึงส่งผลให้ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้ดำเนินการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวตามสถานที่ต่างๆเพื่อ ดึงดูดนักท่องเที่ยวและเป็นการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น ทำให้แหล่งท่องเที่ยวต่างๆได้รับการพัฒนาไปเป็นอย่างมาก จะเห็นได้ว่าในบรรดาแหล่งท่องเที่ยวต่างๆที่ได้มีการพัฒนานั้น ยังมีบางแห่งที่อาจยังไม่ได้มีการพัฒนาดูแลเท่าที่ควรซึ่ง ได้แก่ ถ้า

ถ้า เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีอยู่มากภายในประเทศ และจัดว่ามีความสวยงามอย่างมาก เพียงแต่หากยัง ไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร การพัฒนาถ้าที่สามารถเห็นได้ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นการให้แสงสว่าง ภายในถ้ำไม่ว่าจะเป็นการใช้ตะเกียงให้แสงสว่างหรือที่เรียกว่า ตะเกียงจำพวกๆ หรือการติดตั้งหลอดไฟต่างๆ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการพัฒนาถ้ำตามที่กล่าวมา ส่วนใหญ่แล้วนั้นจะเป็นการลดทอนทัศนียภาพอันสวยงามภายในถ้ำ ทั้งการออกแบบที่ไม่เหมาะสมและระบบไฟฟ้าหรือการให้แสงสว่างที่ด้อยประสิทธิภาพ ดังนั้นทางกลุ่มได้เล็งเห็นความสำคัญในสิ่งนี้จึงได้จัดทำเป็นโครงการขึ้น โดยนำความรู้และเทคโนโลยีที่มีมาใช้ในการพัฒนาออกแบบถ้ำให้สวยงามและเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม

ซึ่งทางกลุ่มได้ทำการออกแบบระบบไฟฟ้าต่างๆภายในถ้ำ รวมถึงการให้แสงสว่าง หรือลักษณะทางเดินภายในถ้ำ ซึ่งระบบต่างๆนั้น ได้ทำการเขียน โปรแกรมควบคุมโดยใช้โปรแกรม Visual Basic เพื่อควบคุมการทำงานของระบบ ทั้งในส่วนของการแสดงแสงสว่างในทางเดิน หรือ แสงสว่างในการแสดงชิ้นงาน (Show Pieces) ของส่วนต่างๆภายในถ้ำ โดยได้นำความรู้ทางสถาปัตยกรรมมาร่วมออกแบบเพื่อให้สอดคล้องและเหมาะสมกับธรรมชาติภายในถ้ำอีกด้วย

อนึ่งการทำโครงการนี้นับว่าเป็นโครงการนำร่อง (Pilot Project) ที่มีการนำเทคโนโลยี ความรู้ทางด้านวิศวกรรม และการออกแบบตกแต่งทางด้านสถาปัตยกรรมมาใช้กับถ้ำ ซึ่งนอกจากเป็นโครงการนำร่องที่ใช้กับถ้ำแล้ว ยังอาจเป็นการนำไปสู่การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวที่มีภายในประเทศได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เป็นการนำเทคโนโลยีที่มีและความรู้ทางด้านวิศวกรรมควบคู่กับสถาปัตยกรรมมาใช้ในการออกแบบ ควบคุม วางระบบต่างๆ เพื่อพัฒนาให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.2 เพื่อเป็นโครงการนำร่องในการพัฒนาถ้าให้เกิดขึ้นและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งอาจนำไปให้เกิดการพัฒนาให้กับแหล่งท่องเที่ยวต่างๆด้วย

1.2.3 เป็นการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวภายในประเทศเพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยว อันเป็นการหารายได้เข้าสู่ประเทศและสอดคล้องสนับสนุนกับนโยบายของรัฐ

1.2.4 เพื่อฝึกให้นักศึกษาได้รู้จักการทำงานเป็นทีมและการติดต่อประสานงานกับหน่วยงานทั้งภายนอกและภายในสถาบัน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้เป็นการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในถ้ำ โดยถ้ำที่ใช้คือ ถ้ำพระธาตุ ณ วนอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งโครงการนี้ได้ทำการออกแบบระบบต่างๆ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ระบบไฟฟ้ากำลัง และระบบไฟฟ้าสื่อสาร ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้ดังนี้

ระบบไฟฟ้ากำลัง

- ระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Distribution System)
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System)
- ระบบไฟฟ้าสำรอง (Standby Power System)
- ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lighting Protection System)

ระบบสื่อสาร

- ระบบโทรศัพท์ (Telephone System)
- ระบบเสียง (Sound System)
- ระบบรักษาความปลอดภัย (Security system)

รวมถึงการเขียน โปรแกรมควบคุม โดยใช้โปรแกรม Visual Basic เพื่อควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ เช่น ระบบแสงสว่าง จนถึงการประมาณราคาเพื่อนำเสนอแก่ ทางวนอุทยานแห่งชาติเอราวัณ ซึ่งการวางรูปแบบระบบต่างๆ ได้ใช้การแนะนำทางด้านสถาปัตยกรรมมาช่วยในการออกแบบ โดยได้คำนึงถึงการออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและธรรมชาติภายในถ้ำ

การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในถ้ำนั้นออกแบบนั้นในบางครั้งอาจหาซื้ออ้างอิงได้ลำบากเพราะเป็นโครงการเริ่มแรกที่ได้มีการริเริ่มทำขึ้นเป็นครั้งแรก ดังนั้นจึงทำการยึดลักษณะการออกแบบตามมาตรฐาน การติดตั้ง ทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย(ว.ส.ท.) ทั้งนี้เพราะเพื่อต้องการให้เป็นไปตามมาตรฐานมากที่สุด

1.4 วิธีการดำเนินงาน

หัวข้อโครงการนี้หลังจากที่ได้ทำความเข้าใจในรูปแบบแล้ว จึงได้เดินทางไปยังกรมป่าไม้เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับถ้ำต่างๆภายในประเทศ ทำให้ได้คำแนะนำเกี่ยวกับถ้ำตามสถานที่ต่างๆมากมายและได้ข้อมูลว่ามีถ้ำที่ต้องการการทำการติดตั้งระบบไฟฟ้าคือ ถ้ำพระธาตุ ณ วนอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี

จึงได้เดินทางไป ณ วนอุทยานแห่งชาติเอราวัณ เพื่อเสนอโครงการขึ้นนี้ในการทำระบบไฟฟ้าขึ้น ซึ่งทางวนอุทยานที่มีความประสงค์ที่จะพัฒนาการติดตั้งระบบไฟฟ้าอยู่แล้วนั้น จึงมีความยินดีที่จะให้ความร่วมมือในโครงการนี้ หลังจากนั้นได้เริ่มทำการสำรวจลักษณะ สภาพแวดล้อม และระบบนิเวศวิทยาต่างๆภายในถ้ำ เมื่อได้ข้อมูลมาจนเป็นที่ต้องการแล้วจึงได้ดำเนินการออกแบบระบบไฟฟ้า

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในถ้ำนั้นนอกจากการออกแบบโดยให้ถูกต้องและปลอดภัยตามหลักการออกแบบตามมาตรฐาน การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย (ว.ส.ท.) นั้นยังต้องคำนึงถึงการรักษาไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมภายในถ้ำทั้งระบบนิเวศวิทยาและความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมต่างๆ

ซึ่งส่วนของระบบนิเวศวิทยานั้นได้มีการนำเสนอ โครงการนี้ในที่ประชุมหัวหน้าวนอุทยานทั่วประเทศที่ได้มาประชุมที่ วนอุทยานแห่งชาติเอราวัณพร้อมกับผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับถ้ำซึ่งเป็นชาวออสเตรเลีย คือ Prof. Elyer Hamitton Smith และ Mr. Dean Smart ซึ่งเข้าร่วมในที่ประชุมครั้งนี้ ทำให้ได้คำแนะนำต่างๆเพิ่มขึ้นในการป้องกันระบบนิเวศวิทยาภายในถ้ำ



รูปที่ 1-1 การนำเสนอต่อหัวหน้าวนอุทยาน รูปที่ 1-2 Prof. Elyer Hamitton Smith and Mr. Dean Smart

ในเรื่องของการออกแบบให้มีความเหมาะสมกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมภายในถ้ำนั้นได้เรียนเชิญ ผศ. ชนิษฐ์ ทิพโยภาส อาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ร่วมเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการครั้งนี้ ทำให้ได้รับคำแนะนำต่างๆในการออกแบบทั้งในส่วนของ การออกแบบทางเดิน การเลือกใช้วัสดุ หรือการออกแบบลักษณะการให้ไฟของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฟฟ้าภายในถ้ำนั้นได้ทำการเขียนโปรแกรมซึ่งได้ใช้กล่องควบคุม เพื่อควบคุมระบบให้มีลูกเล่นต่างๆ โดยเฉพาะในส่วนของไฟแสดงชิ้นงานและไฟทางเดิน เช่นลักษณะลูกเล่นการให้แสง ,การใช้ไฟติดดับ, การหรี่ปรับความเข้มแสง,การติดดับของไฟทางเดิน ฯลฯ เป็นต้น

ขั้นตอนการทำงาน



รูปที่ 1- 3 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีการออกแบบ

2.1 บทนำ

การออกแบบระบบไฟฟ้า หมายถึง การพัฒนาแบบแปลน หรือ วิธีการเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าจากจุดจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ใช้กำลังไฟฟ้าต่างๆ หรือว่าจ่ายสัญญาณไฟฟ้า จากจุดรับสัญญาณไฟฟ้านั้นๆ ไปยังอุปกรณ์ใช้งาน

การออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่กว้างขวาง ต้องการข้อมูลมากมายเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ระบบและอุปกรณ์ที่เหมาะสม ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องเป็นผู้รู้และมีความสนใจในวิชาการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการออกแบบระบบไฟฟ้านั้นผู้ออกแบบจะต้องมีความรับผิดชอบงานด้านต่างๆ เพื่อให้ได้แบบระบบไฟฟ้าที่ดี มีความถูกต้อง และปลอดภัยในการใช้งาน

ระบบแสงสว่างภายในถ้ำพระธาตุ

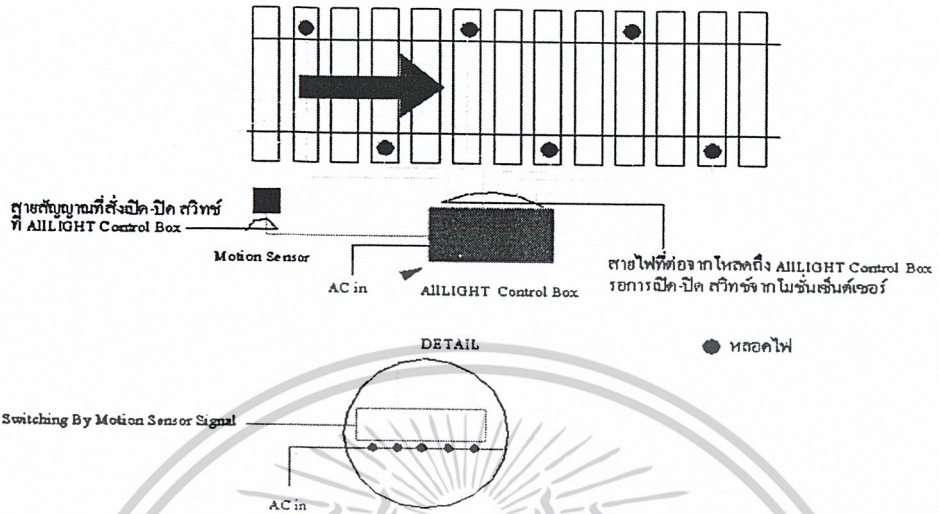
ระบบแสงสว่างภายในถ้ำพระธาตุตั้งแรกเริ่มที่ได้ทำการเปิดให้นักท่องเที่ยวเข้ามาเที่ยวชมภายในบริเวณถ้ำได้มีการนำตะเกียงจ้าวกายมาเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่าง ซึ่งปัจจุบันตะเกียงจ้าวกายนี้ยังคงได้มีการใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างอยู่ แต่ในระหว่างที่ใช้ตะเกียงจ้าวกายให้แสงสว่างนั้นจะมีเขม่าน้ำมันที่เกิดจากการเผาไหม้ลอยออกมา เขม่าที่ลอยออกมาจากการเผาไหม้นี้จะไปเกาะที่บริเวณเพดานถ้ำ, หินย้อย ซึ่งจะทำให้หินเหล่านั้นเสียสภาพตามธรรมชาติไป ตลอดจนสัตว์ที่อยู่ภายในถ้ำ เช่น ค้างคาวกิตติ, ตะขาบไฟ ได้รับผลกระทบจากเขม่าควันเหล่านี้ด้วย การพัฒนานำระบบไฟฟ้าเข้ามาใช้ในถ้ำจึงเป็นสิ่งที่สามารถปัญหาจากเขม่าควันที่เกิดขึ้นได้ ตลอดจนยังสามารถควบคุมระดับความสว่างได้ในระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมแก่การเที่ยวชม และยังคงระบบนิเวศวิทยาให้ยังคงความเป็นธรรมชาติอย่างเดิมได้มากขึ้นจากการใช้ตะเกียงจ้าวกายแบบเดิม

ระบบแสงสว่างภายในถ้ำพระธาตุนั้นสามารถ แบ่งออกได้ 3 กลุ่มคือ

1. ระบบแสงสว่างทางเดิน
 2. ระบบแสงสว่างแสดงชิ้นงาน
 3. ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน
1. ระบบแสงสว่างทางเดิน ในส่วนของแสงสว่างทางเดินนั้นจะประกอบด้วยหลอดไฟชนิด คอมแพค ฟลูออเรสเซนต์ 5 วัตต์ ติดสลับพื้นปลาตตลอดทางเดิน โดยจะมีการบริหารพลังงานให้มีการเปิดและปิด เป็นวงจร โดยการออกแบบตลอดความยาวทางเดิน 500 เมตร จะมีการออกแบบให้มีจำนวนวงจรทั้งหมด 20 วงจร โดยจะใช้ โมชั่นเซนส์เซอร์ เข้ามาเป็นตัวที่ทำหน้าที่เปิดและปิดวงจร โดยจะมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งช่วงเวลาติดและดับ ให้เหมาะสมกับขนาด และความน่าสนใจของถ้ำแต่ละส่วน



รูปที่ 2-1 การแสดงการทำงานของวงจรแสงสว่างทางเดิน

จากรูปการแสดงการทำงานของวงจรแสงสว่างทางเดินจะสามารถอธิบายได้เป็นขั้นตอนดังนี้คือ

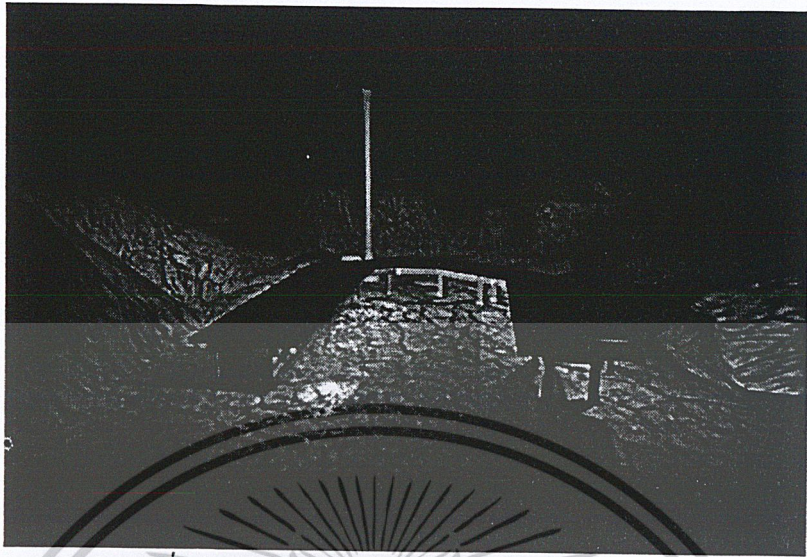
1. เมื่อนักท่องเที่ยวเดินผ่านบริเวณจุดติดตั้งโมชันเซนเซอร์ โมชันเซนเซอร์จะทำการส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุมการเปิดและปิด
2. สัญญาณที่ส่งจะส่งผ่านสายโทรศัพท์แบบ 4 แกนเพื่อสั่งให้มีการเปิดวงจรที่ยังเป็นสถานะปกติเปิดอยู่
3. เมื่อมีการสั่งการให้สวิตช์ต่อวงจรแล้ว โหมดที่เป็นแสงสว่างจะติดขึ้นและเมื่อโหมดแสงสว่างติดจนครบช่วงเวลาที่ตั้งค่าไว้แล้ว สวิตช์ก็จะตัดวงจรและกลับไปยังสถานะปกติเปิดอีกครั้ง

2. ระบบแสงสว่างแสดงชั้นงาน ในส่วนของระบบแสงสว่างแสดงชั้นงานนี้จะมีการแบ่งออกตามจำนวนชั้นงานที่จะทำการแสดงโดยจำแสดงชั้นงานที่มีความเด่นแต่ละห้อง ซึ่งในถ้ำพระธาตุจะมีการแบ่งห้องเป็น 7 ห้อง ซึ่งประกอบด้วย

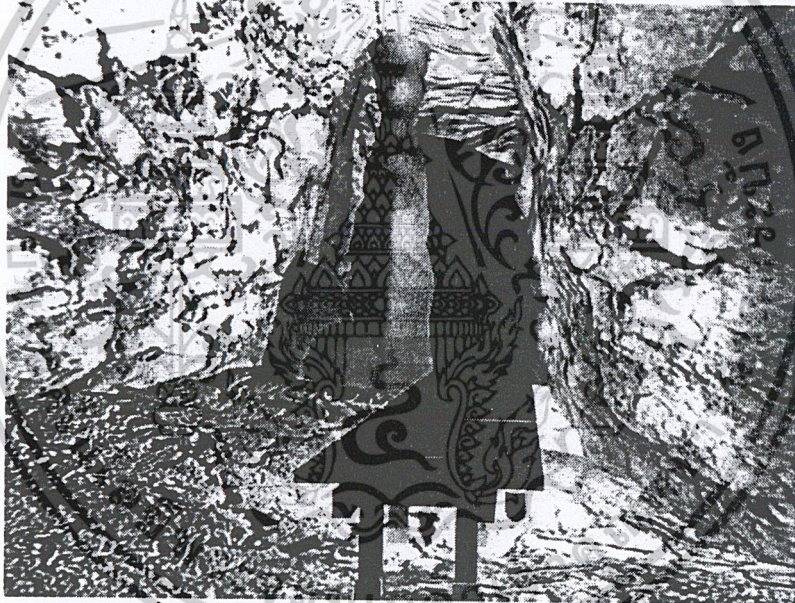
- ห้องที่ 1 ห้องกบจำศีล
- ห้องที่ 2 ห้องห้องฟ้าจำลอง
- ห้องที่ 3 ห้องปะการัง
- ห้องที่ 4 ห้องหินระฆัง
- ห้องที่ 5 ห้องหินพระธาตุ
- ห้องที่ 6 ห้องเสาเอก
- ห้องที่ 7 ห้องม่านลิเก

โดยห้องแต่ละห้องจะมีการสร้างเรื่องราวโดยการใช้แสง และเสียงให้ผู้เข้าเที่ยวชมมีอารมณ์และความรู้สึกมีส่วนร่วมับบรรยากาศที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



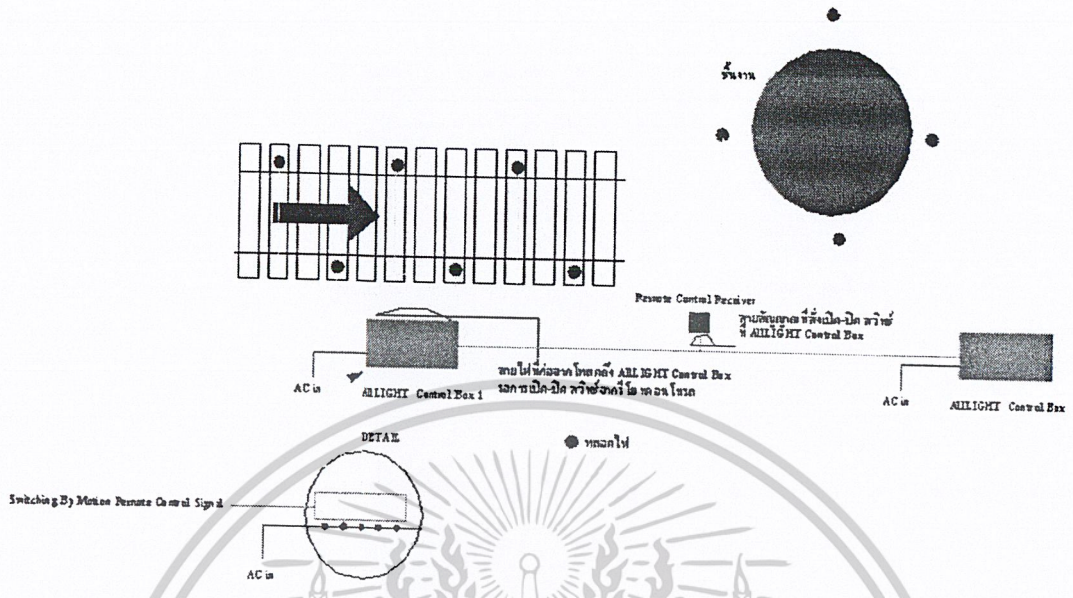
รูปที่ 2-2 แสดงบรรยากาศจำลองภายในห้องเสนาเอก



รูปที่ 2-3 แสดงบรรยากาศจำลองภายในห้องหินพระราชดู

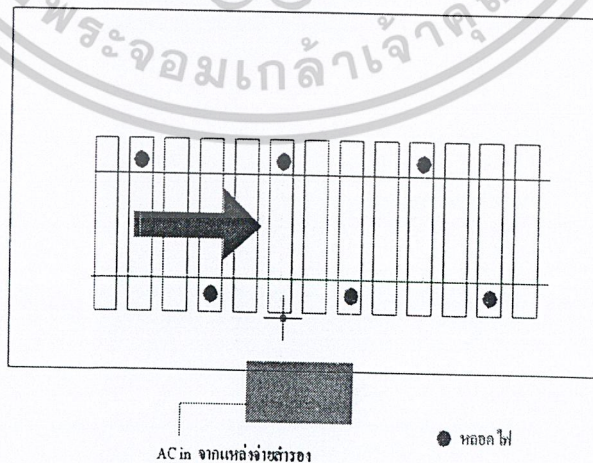
ในส่วนของไฟแสดงชิ้นงานของ 2 ห้องข้างต้นนี้ได้มีการออกแบบให้มีไฟที่เป็นแสงสว่างในส่วน
ทางเดินให้ทำงานร่วมกัน ไฟที่เป็นแสงสว่างแสดงชิ้นงานด้วยดังรูปการแสดงผลการทำงานด้านล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 การแสดงการทำงานของวงจรแสงสว่างแสดงขึ้นมา

3. ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน ในระบบแสงสว่างฉุกเฉินนี้โดยตัววงจรแล้วจะใช้ หลอดไฟชนิดเดียวกันกับระบบแสงสว่างทางเดิน แต่ในที่นี้จะไม่มีการแบ่งวงจรย่อยลงไปเพราะว่าในสภาวะที่เกิดความผิดปกติขึ้นกับระบบ ความปลอดภัยของนักท่องเที่ยวเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกดังนั้นเมื่อแหล่งจ่ายหลักมีปัญหาแล้ว แหล่งจ่ายสำรองจะจ่ายให้แก่หลอดแสงสว่างทางเดินแทนโดยจะสว่างทั้งถ้ำเพื่อให้นักท่องเที่ยวออกจากถ้ำ และในส่วนระบบแสงสว่างฉุกเฉินนี้จะไม่ทำงานโดยใช้อุปกรณ์ควบคุม เช่น โมชันเซ็นเซอร์, รีโมทคอนโทรล



รูปที่ 2-5 การแสดงการทำงานของวงจรแสงสว่างฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าที่ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องรับผิดชอบ อาจแยกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. ระบบไฟฟ้ากำลัง
2. ระบบไฟฟ้าสื่อสาร

งานของระบบไฟฟ้ากำลังที่ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบได้แก่

1. ระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้า(Power Distribution System)
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง(Lighting System)
3. ระบบไฟฟ้าสำรอง(Standby Power System)
4. ระบบป้องกันฟ้าผ่า(Lightning Protection System)
5. ระบบการขนส่งแนวตั้ง(Vertical Transportation System)

งานของระบบไฟฟ้าสื่อสารที่ผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบในการออกแบบ ได้แก่

- 1.ระบบโทรศัพท์(Telephone System)
- 2.ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย(Fire Alarm System)
- 3.ระบบเสาอากาศโทรทัศน์รวม(Master Antenna TV System)
- 4.ระบบรักษาความปลอดภัย(Security System)
- 5.ระบบโทรทัศน์วงจรปิด(Closed Circuit TV System)
- 6.ระบบเสียง(Sound System)
- 7.ระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ(Building Automation System)

แบบระบบไฟฟ้าที่ดี

แบบของระบบไฟฟ้าที่ดีนั้นจะต้องได้ตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. ความปลอดภัย (Safety)

ระบบไฟฟ้ากำลังที่ออกแบบต้องให้ความปลอดภัยอย่างสูงต่อผู้ปฏิบัติงาน ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า และต่อสถานที่ โดยผู้ออกแบบต้องปฏิบัติตามมาตรฐานของประเทศ และข้อกำหนดการออกแบบของท้องถิ่นด้วย ในด้านการออกแบบ การติดตั้งวัสดุ การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้และการจัดอุปกรณ์ป้องกัน โดยวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องรู้ถึงสถานที่ ที่จะออกแบบ กระบวนการผลิต ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อที่จะสามารถออกแบบระบบไฟฟ้า ให้มีความปลอดภัย

2. ค่าลงทุนเริ่มแรกที่ต่ำที่สุด (Minimum Initial Investment)

งบประมาณที่เจ้าของโครงการให้จะเป็นตัวกำหนดที่สำคัญว่า ผู้ออกแบบจะเลือกกระบวนใด แต่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบไฟฟ้าต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง (Maximum Service Continuity)

ระดับของความต้องการ ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องและความเชื่อถือของระบบนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของโหลด สถานประกอบการ และกระบวนการผลิตเราสามารถทำให้มีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องได้สูงขึ้นและมีความเชื่อถือได้สูงขึ้นโดย

- จัดให้มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังจากหลายแหล่ง
- จัดให้มีเส้นทางกรต่อ ไปยังโหลด ไฟฟ้าได้หลายทางมากขึ้น
- จัดหาแหล่งที่มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของตนเอง เช่น มีชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง แบตเตอรี่สำหรับจ่ายระบบไฟฟ้า ระบบ UPS
- เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูง
- เลือกใช้วิธีการติดตั้งที่ดีที่สุด เช่น สายไฟควรวอยู่ในท่อสาย(Raceway)

4. ระบบไฟฟ้าจะต้องมีความคล่องตัวสูงและสามารถขยายโหลดได้

(Maximum Flexibility and Expandability)

เนื่องจากสถานประกอบการส่วนมากจะมีการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ระบบการจ่ายไฟฟ้าจะต้องสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ นอกจากนี้ผู้ออกแบบจะต้องระบบไฟฟ้าจะต้องเพื่อระบบการจ่ายไฟฟ้าสำรองรองรับการขยายโหลดในอนาคต โดยอาจจะเพิ่มขนาดของหม้อแปลงและสายต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์ป้องกันด้วย

5. ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Electrical Efficiency)

ระบบไฟฟ้าที่จะทำงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในระบบจะต้องมีกำลังสูญเสียในน้อยที่สุด ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ดี แม้ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะมีค่าเริ่มต้นสูง แต่ค่าปฏิบัติการจะต่ำซึ่งจะคุ้มทุนเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง

6. ค่าบำรุงรักษาที่ต่ำที่สุด (Minimum Maintenance Cost)

ในระบบไฟฟ้านั้นยิ่งระบบมีการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง และสามารถปรับสภาพต่าง ๆ ได้มากเท่าไร ราคาในการบำรุงรักษาก็จะมากตามไปด้วย ดังนั้นในระบบไฟฟ้าจึงควรออกแบบให้มีวงจรไฟฟ้าช่วยหมุนเวียนกันจ่ายกำลังให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อที่จะสามารถทำการบำรุงรักษาเครื่องหนึ่งในขณะที่ใช้งานอีกเครื่องหนึ่งได้

7. คุณภาพกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Quality)

เช่น แรงดัน ไฟฟ้าต้องมีค่าสม่ำเสมอ กระแสและแรงดันมีฮาร์โมนิกน้อย ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงข้อนี้เสมอในขณะที่ออกแบบระบบไฟฟ้าวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะมีความสัมพันธ์กันหรืออาจขัดแย้งกันในบางหัวข้อ ยิ่งเราออกแบบให้มีคุณภาพไฟฟ้าที่มีคุณภาพ ค่าการลงทุน

เริ่มแรกหรือค่าการบำรุงรักษาที่จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นผู้ออกแบบจึงควรพิจารณาถึงปัจจัยพื้นฐาน ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้และโหลด ต่าง ๆ ว่าควรจะใช้ขนาดเท่าไร ชนิดใดจึงจะเหมาะสม

มาตรฐานทางไฟฟ้า

ในการออกแบบระบบไฟฟ้า นั้น จะต้องออกแบบตามมาตรฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ

-มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า

-มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

ซึ่งมาตรฐานแต่ละอย่างยังแบ่งออกได้เป็นอีก 2 อย่าง คือ

-มาตรฐานประจำชาติ(National Standards)

-มาตรฐานสากล(International Standards)

1. มาตรฐานประจำชาติ

มาตรฐานประจำ ชาติของแต่ละประเทศต่างสร้างขึ้นมาใช้ในประเทศของตนเอง เพื่อให้ตรงกับอุตสาหกรรมภายในประเทศและตรงกับวิถีปฏิบัติของตนเอง

มาตรฐานประจำชาติที่สำคัญ ได้แก่

-ANSI(American National Standard Institute)

-JIS (Japanese Industrial Standard)

-มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม)ของประเทศไทย

2. มาตรฐานสากล

มาตรฐานสากลเป็นมาตรฐานที่มีสมาชิกอยู่หลายประเทศ เช่น มาตรฐาน

-ISO(International Organization for Standard)

มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานทั่วไปทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

-IEC(International Electrotechnical Commission)

เป็นองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศที่ร่างมาตรฐานทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

-EN(European Standard)

มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางไฟฟ้าของยุโรป

สำหรับประเทศไทยในอดีตใช้วิธีแปลและเรียบเรียงตามมาตรฐาน IEC แต่ในขณะนี้ได้นำมาตรฐาน IEC ทั้งฉบับซึ่งเขียนเป็นภาษาอังกฤษมาเป็นมาตรฐานไทยเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้มีมากมาย ส่วนมากจะมีมาตรฐานควบคุมคุณภาพอยู่แล้ว โดยมาตรฐานอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่นิยมใช้มากคือมาตรฐาน ของ IEC ดังนั้นผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ในการเขียนข้อกำหนด(Specification)ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ควรใช้มาตรฐานไทย(มอก.)และมาตรฐานIEC เป็นหลัก ไม่ควรใช้มาตรฐานของชาติอื่น ยกเว้นอุปกรณ์ดังกล่าวไม่มีในมาตรฐานไทย(มอก.)และมาตรฐาน IEC

มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า อาจแบ่งเป็น

- มาตรฐานต่างประเทศ
- มาตรฐานสากล
- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

1. มาตรฐานต่างประเทศในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

มาตรฐานต่างประเทศที่นิยมใช้กันมากในประเทศไทย คือ NEC (National Electrical Code)ซึ่งเป็นมาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าของอเมริกาถึงแม้ว่าจะเป็นมาตรฐานที่ดีมาก แต่เนื่องจากระบบและมิติ แตกต่างจากของประเทศไทย จึงใช้ในประเทศไทยไม่ได้

2. มาตรฐานสากลในการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

เป็นมาตรฐานที่เป็นสากลเพราะได้มีการรวมทั้งมาตรฐาน NEC และมาตรฐานของยุโรปมาเป็นตัวอย่างในการร่าง และได้มีการปรับปรุงตลอดเวลาเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นเราเรียกมาตรฐานนี้ว่า IEC (International Electrotechnical Commission)

3. มาตรฐานการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยนั้น ในอดีตการไฟฟ้านครหลวง(กฟน.)และการไฟฟ้าภูมิภาค(กฟภ.)ทางมาตรฐานเป็นของตนเอง ทำให้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า และ ผู้ติดตั้งระบบและอุปกรณ์เกิดความสับสน ด้วยเหตุนี้สมัชชาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย(ว.ส.ท.)จัดทำ มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย เพื่อให้ทั้งประเทศมีมาตรฐานเรื่องการติดตั้งทางไฟฟ้าเพียงฉบับเดียว

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยฉบับใหม่นี้ เนื้อหาส่วนมากจะแปลและเรียบเรียงจาก National Electrical Code (NEC) และก็มีควมพยายามที่จะนำมาตรฐานของ IEC มาใช้ด้วย โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ ใช้จะต้องได้มาตรฐาน IEC 60898 และ IEC 60947-2 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

ในการผลิตและการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้านั้นเริ่มต้นจากการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ที่ ระดับแรงดันประมาณ 10-20 kV ด้วยปัญหาด้านการฉนวนจึงไม่สามารถที่จะสร้างแรงดันให้สูงกว่านี้ได้ แต่การส่งกำลังไฟฟ้าในระยะทางไกลให้ได้ประสิทธิภาพสูงนั้น จะต้องทำการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้สูงขึ้นที่สถานีแปลงแรงดัน จากนั้นกำลังไฟฟ้าจะถูกส่งไปตามสายส่งไฟฟ้าแรงสูง เมื่อเข้าสู่บริเวณชุมชนจะทำการลดระดับแรงดันลงให้เป็นระดับแรงดันปานกลางที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้าย่อย ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัย และเมื่อกำลังไฟฟ้าถูกส่งไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องทำการแปลงระดับแรงดันลงที่มือแปลงจำหน่ายให้เป็นระบบแรงดันต่ำ เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับบริษัทไฟฟ้าต่างๆ

ระบบไฟฟ้ากำลัง

ระบบไฟฟ้ากำลังหมายถึง ระบบไฟฟ้าที่ประกอบด้วย ระบบการผลิต ระบบการส่ง ระบบการจำหน่าย และระบบการใช้กำลังไฟฟ้า

1. ระบบการผลิต(Generating System) หมายถึง ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นๆ มาเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น เปลี่ยนจากพลังงานศักย์ของน้ำ
2. ระบบการส่ง(Transmission System) หมายถึง ระบบการส่งพลังงานไฟฟ้าจากระบบการผลิตไปยังระบบการจำหน่ายเพื่อจำหน่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไป โดยจะทำการส่งกำลังไฟฟ้าในระดับกำลังไฟฟ้าแรงดันสูง ได้แก่ สถานีไฟฟ้าย่อยคั่นทาง สายส่งไฟฟ้าแรงสูง
3. ระบบการจำหน่าย(Distribution System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่รับกำลังไฟฟ้าจากระบบการส่งแล้วทำการลดระดับแรงดันลงจากแรงดันสูงให้เป็นแรงดันปานกลางที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้าย่อย เพื่อที่จะส่งกำลังไฟฟ้าให้กับระบบการใช้ไฟฟ้ากำลังต่อไป
4. ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า(Utilization System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่รับกำลังจากระบบการจำหน่ายที่มีระดับแรงดันสูงเป็นแรงดันปานกลางแล้วทำการลดระดับแรงดันลงให้เป็นระบบแรงดันต่ำ เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับบริษัทเครื่องใช้ไฟฟ้า

การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยในขณะนี้ การผลิตและการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้านั้น ดำเนินงานโดยหน่วยงานซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจ 3 แห่งซึ่งแต่ละแห่งก็รับผิดชอบแตกต่างกันไป ดังนี้คือ

1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)
2. การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)
3. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไฟฟ้านครหลวง

การไฟฟ้านครหลวง มีหน้าที่บริการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าในเขต 3 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และ นนทบุรี โดยการไฟฟ้านครหลวงจะรับซื้อมาจาก การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง มีการใช้ไฟฟ้ามากจึงจำเป็นต้องมีการส่งกำลังไฟฟ้าอย่างมีระบบ จึงจำแนกการส่งกำลังไฟฟ้าออกเป็น 3 ระบบ ดังนี้คือ

- ระบบการส่งกำลังแรงดันสูง 230 kv ,115kv,และ 69 kv
- ระบบการจำหน่าย 24 kv,12 kv โดยในอนาคต จะมีการเปลี่ยนเป็น 22 kv ทั้งหมด
- ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า โดยหม้อแปลงจะแปลง จาก 24kv,12kv ไปเป็นแรงดัน416/240 3เฟส 4สาย แต่การไฟฟ้านครหลวงให้ใช้แรงดันพิกัดระบุของด้านแรงต่ำเป็น 380/220 V3 เฟส 4 สาย

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีหน้าที่ในการจัดหา และจำหน่ายไฟฟ้าให้ทุกจังหวัดของประเทศไทย โดยไม่รวม กรุงเทพมหานคร และ สมุทรปราการ

-แหล่งพลังงาน มีทั้ง ผลิตเอง ซื้อจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ซื้อจากการไฟฟ้านครหลวง ซื้อจากการพลังงานแห่งชาติ

ระบบการจำหน่ายแรงดันปานกลาง

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีระบบแรงดันอยู่ 2 ระบบ ได้แก่

-ระบบแรงดัน 22kv จังหวัดส่วนใหญ่จะใช้ระบบนี้ ยกเว้น ภาคใต้

-ระบบแรงดัน 33kv ใช้ในภาคใต้ตั้งแต่ ระนองลงไป

ระบบการจำหน่ายแรงดันแรงดันต่ำ

การจำหน่ายระบบแรงดันแรงดันต่ำก็มีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบดังนี้

-ระบบการจำหน่ายแรงต่ำ 1 เฟส มีทั้งระบบ 1 เฟส 2 สาย 230 V และ 1 เฟส 3 สาย 460/230V

-ระบบการจำหน่ายแรงต่ำ 3เฟส 4 สาย ระบบนี้มีแรงดันมาตรฐานคือ 400/230V

การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า

ในการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าจะพิจารณาสถานประกอบการถ้าใช้โหลดน้อยกว่า 300 KVA ก็จะจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ(Low Voltage) โหลดตั้งแต่ 300 KVA ขึ้นไป การไฟฟ้าจะจ่ายระบบแรงดันปานกลาง (MediumVoltage)สำหรับสถานประกอบการ ที่ใช้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงมาก ๆ การไฟฟ้าก็จะจ่ายกำลังไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage)ให้ ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าระหว่างการไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟฟ้า

-แรงดันต่ำ ในกรณีที่มีการไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบแรงดันต่ำโดยจะมีมิเตอร์เป็นตัวแบ่งแยกทรัพย์สินระหว่างการไฟฟ้า กับ ผู้ใช้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-แรงดันปานกลาง ในกรณีการไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟในระบบแรงดันปานกลางนั้น ระบบจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับกรไฟฟ้าของแต่ละพื้นที่ และระบบของสถานประกอบการ สามารถแบ่งเป็น 3 กรณี

- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายอากาศ จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า
- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า
- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้า

กรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายอากาศ จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า ทางกรไฟฟ้าจะจ่ายสายป้อนให้เพียง 1 สายป้อน เท่านั้น ยกเว้นอาคารที่มีความสำคัญจะจ่ายให้ 2 สายป้อน

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้า การจ่ายระบบนี้การไฟฟ้าจะเป็นเหนือดิน ส่วนสถานประกอบการจะใช้สายเคเบิลใต้ดินเพื่อไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยที่ติดตั้งภายในอาคาร

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้า การจ่ายไฟฟ้าแบบนี้จะใช้เมื่อได้รับไฟฟ้ามาจากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง(Standby Generator)

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ บริภัณฑ์ทางด้านเครื่องกล – ไฟฟ้า ที่แปลงพลังงานเครื่องกล เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้โหลดเมื่อระบบไฟฟ้าของทางการไฟฟ้าเกิดขัดข้องหรือต่อขนานเข้ากับระบบไฟฟ้า เพื่อจ่ายโหลดร่วมกับระบบการไฟฟ้า

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

1. เครื่องต้นกำลัง(Engine Prime Mover)
2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Alternator)
3. สวิตช์สับเปลี่ยน(Transfer Switch)
4. แผงควบคุม(Control Panel)

1. เครื่องต้นกำลัง(Engine Prime Mover)

เครื่องต้นกำลัง คือ เครื่องยนต์ที่ผลิตพลังงานกลเพื่อนำไปชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายไปยังโหลดที่ต้องการได้

เครื่องต้นกำลังที่ใช้ในชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองมีอยู่หลายชนิด

- เครื่องยนต์ดีเซล(Diesel Engine)
- เครื่องกังหันแก๊ส(Gas Turbine)
- เครื่องกังหันไอน้ำ(Steam Turbine)
- เครื่องกังหันน้ำ(Water Turbine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Alternator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไปเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

- ส่วนที่หมุน(Rotor)
- ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator)
- ส่วนควบคุมแรงดัน(Voltage Regulator)
- ส่วน Brushless Rotating Exciter with a Rotating Rectifier

3. สวิตช์สับเปลี่ยน(Transfer Switch)

สวิตช์สับเปลี่ยน ใช้สำหรับการสับเปลี่ยนโหลดจากแหล่งจ่ายไฟปกติ (Normal Source) ไปยังชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือกลับกัน สวิตช์สับเปลี่ยนอาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- สวิตช์สับเปลี่ยนไม่อัตโนมัติ(Non-Automatic Transfer Switch)
- สวิตช์สับเปลี่ยนอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch,ATS)

2.3 Circuit Breaker

เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ(Low Voltage Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker : CB) เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์สำหรับเปิดปิดวงจรไฟฟ้าแรงดันต่ำในภาวะปกติและจะเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อเกิดภาวะผิดปกติขึ้นอันเนื่องมาจากการใช้กำลังเกิน หรือการลัดวงจร หลังจากทำการแก้ไขสิ่งผิดปกติแล้วก็สามารถสับไฟเข้าใช้งานต่อได้อีก

1. Ampere Frame(AF) คือ พิกัดกระแสขนาดสูงสุดที่สามารถใช้ได้กับโครงสร้างของ CB
2. Ampere Trip(AT) คือ ขนาดพิกัดกระแสที่ปรับตั้งให้ CB ใช้งาน

พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร

พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร(Interrupting Capacity : IC , Breaking Capacity) คือกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ CB สามารถตัดได้โดยทั่วไปที่ CB ไม่ได้รับความเสียหาย

ค่า CB ของ IC ได้จากการทดสอบ และขึ้นกับตัวแปรหลายตัว เช่น แรงดัน ตัวประกอบกำลัง เป็นต้น ดังนั้น CB ที่สามารถใช้ได้กับหลายแรงดันจะต้องมีค่า IC ที่เหมาะสม

ประเภทของ CB

CB อาจแบ่งตามลักษณะภายนอก และการใช้งานได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. Molded Case Circuit Breaker (MCCB)
2. Air Circuit Breaker (ACB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Molded Case Circuit Breaker (MCCB)

เป็น CB ที่บริษัทตรวจสอบและบริษัทตัดต่ออยู่ในวัสดุฉนวน ทำด้วยสารประเภทพลาสติกแข็ง MCCB มีขนาดเล็กจนถึงใหญ่ ใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้าตั้งแต่วงจรย่อย สายป้อนถึงสายประธานและบริภัณฑ์ไฟฟ้า

MCCB ขนาดมาตรฐาน (Standard CB)

MCCB ชนิดนี้ที่ขนาดตั้งแต่ 100 AF ถึง 2500 AF และมี IC หลายระดับที่ไม่สูงมาก เหมาะสำหรับงานระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก

MCCB แบบ IC สูง (High Interrupting Capacity Circuit Breaker)

เป็น MCCB ที่มี IC สูงกว่า Standard CB มีขนาดของ IC หลายระดับ มักใช้ในที่มีกระแสลัดวงจรสูงเกินกว่าที่จะใช้ CB แบบมาตรฐาน

MCCB แบบจำกัดกระแสลัดวงจร (Current Limiting Circuit Breaker : CLCB)

CLCB เป็น CB ที่มี IC สูงมาก เนื่องจากสามารถตัดกระแสลัดวงจรได้เร็วมาก

Air Circuit Breaker (ACB)

เป็น CB แรงดันต่ำที่สามารถดับอาร์กไฟฟ้าในอากาศจึงเรียกว่า Air Circuit Breaker (ความจริง MCCB ก็สามารดับอาร์กไฟฟ้าในอากาศได้ แต่ ACB จะหมายถึง CB ขนาดใหญ่) มีพิกัดกระแสสูง เป็นแบบเปิดโล่ง

ACB สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด

แบบติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Type)

ตัวโครงของ ACB จะติดตั้งให้ติดกับ Main Circuit โดยยึดติดกับสกรู เวลาถอดออกเพื่อซ่อมบำรุงจะต้องดับไฟและเสียเวลามาก

แบบดึงออกได้ (Drawout Type)

ตัวโครงของ ACB จะติดตั้งบนโครงล้อเลื่อนจะเลื่อนไปตามรางส่วนสัมผัสของ ACB กับ Main Circuit จะต้องแนบแน่น ทำให้กระแสไหลง่าย และซ่อมบำรุงง่าย

ข้อเปรียบเทียบ MCCB กับ ACB

1. ACB เป็นแบบเปิด สามารถเพิ่มเติมบริภัณฑ์ต่างๆได้ แต่ ชิ้นส่วน MCCB อยู่ภายในไม่สามารถเพิ่มเติมภายหลังได้
2. MCCB ไม่ต้องบำรุงรักษา แต่ ACB ต้องบำรุงรักษาบ่อย
3. ACB ถูกรื้อออกแบบให้แข็งแรง ทนกระแสลัดวงจร ได้สูงและนานกว่า MCCB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แรงดันตก

แรงดันตก (Voltage Drop) คือ ความแตกต่างระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากจุดต้นทางและจุดรับไฟฟ้าปลายทาง เนื่องจากผลของอิมพีแดนซ์ภายในสายส่งนั่นเอง

แรงดันตกเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่ง ที่ต้องให้ความสำคัญอย่างมาก เช่นในกรณีที่จ่ายหลอดแสงสว่างที่เป็นประเภทหลอดดิสชาร์จ หากว่าแรงดันตกมาก ๆ จะไม่สามารถทำให้หลอดติดได้ เนื่องจากว่าความสว่างของหลอดไฟจะแปรตามแรงดันไฟฟ้ากำลังสอง และเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทก็มีความสามารถทำงานได้ในระดับแรงดันตกที่ต่างกัน

จากมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545 ได้กำหนด สำหรับระบบไฟฟ้าทั่วไปค่าแรงดันตกจากหม้อแปลงไฟฟ้าถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าไม่ควรเกิน 5%

จากมาตรฐาน NEC ได้กำหนดว่า

- แรงดันตกจากสายประธาน ไปยังโหลดมีค่าไม่เกิน 5%
- แรงดันตกในสายป้อน มีค่าไม่เกิน 2%
- แรงดันตกในวงจรย่อย มีค่าไม่เกิน 3%

ซึ่งการหาแรงดันตกสามารถคำนวณได้ 3 วิธี คือ

1. การคำนวณ คือการหาค่าแรงดันตก จากการหาค่าอิมพีแดนซ์ภายในสายไฟฟ้า แล้วนำมาแทนค่ากับในสมการ โดยแบ่งเป็น กรณี วงจร 1 เฟสและ วงจร 3 เฟส

1. วงจร 3 เฟส

$$VD = \sqrt{3} \times I (R + jX_L) \times L \quad (\text{โวลต์})$$

$$\% VD = \left(\frac{VD}{380} \right) \times 100\% \quad (\% \text{โวลต์})$$

2. วงจร 1 เฟส

$$VD = 2 \times I (R + jX_L) \times L \quad (\text{โวลต์})$$

$$\% VD = \left(\frac{VD}{220} \right) \times 100\% \quad (\% \text{โวลต์})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดให้

VD = แรงดันตก	โวลต์
I = กระแสที่ไหลในวงจร	แอมแปร์
R = ความต้านทานของสายไฟฟ้า	โอห์ม/ เมตร
X_L = รีแอกแตนซ์และสายไฟฟ้า	โอห์ม/ เมตร
L = ความยาวของสายไฟฟ้า	เมตร

2. การอ่านค่าจากชาร์ต

การอ่านค่าจาก ชาร์ต เป็นการหาค่าที่มาจากปริมาณแล้วมาอยู่ใช้

ความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้า, ขนาดสายไฟฟ้า ตารางมิลลิเมตร, ความยาวสายไฟ, %แรงดันตก

โดยข้อมูลที่ต้องรู้ในการอ่านค่าแรงดันตก คือ

1. ระบบไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า
2. วิธีการเดินสาย
3. ขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้
4. กระแสไฟฟ้าในวงจร เป็นแอมแปร์
5. ความยาวของสายไฟฟ้าแต่ละขนาด

3. การหาค่าแรงดันตกด้วยการใช้ตาราง

การหาค่าแรงดันตกโดยใช้ตาราง มีส่วนของการคำนวณเข้ามาเล็กน้อย แต่เป็นการคำนวณที่ค่อนข้างสะดวก โดยค่าที่ใช้ในการคำนวณจะแบ่งเป็นกรณีระบบไฟฟ้า 1 เฟส และระบบไฟฟ้า ซึ่งสมการที่ใช้คำนวณจะแสดงค่าออกมาเป็น เปอร์เซ็นต์ของแรงดันตก

$$\%VD = \frac{(\%VD/A/100m) \times A \times L}{100} \quad \% \text{โวลต์}$$

โดยข้อมูลที่ต้องทราบในการหาค่าจากตารางคือ

1. ระบบไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า
2. ขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้
3. ท่อร้อยสาย ,ท่อโลหะ ,อโลหะ

จากขั้นตอนการหาค่าแรงดันตกทั้ง 3 กรณีจะได้ค่าที่ออกมาใกล้เคียงกันค่าอาจมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเนื่องจากการหาค่าจากการอ่าน ชาร์ต หรือ การดูค่าจากตาราง ค่าที่ได้จะเป็นค่าที่ปัด ดังนั้นจะได้ค่าที่คลาดเคลื่อนกันเล็กน้อย แต่ในทางปฏิบัติเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้

2.5 สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้ามีหน้าที่สำหรับนำพลังงานไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายไฟไปยังบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตสายไฟฟ้าขึ้นมาหลายชนิด ตามความต้องการสำหรับการติดตั้งในระบบต่างๆ โดยคำนึงถึงความปลอดภัย ความเหมาะสม และความประหยัด

ส่วนประกอบ

สายไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ตัวนำและฉนวน
 ตัวนำ ตัวนำของสายไฟฟ้าทำมาจากโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง อาจอยู่ในรูปของตัวนำเดี่ยวหรือตัวนำตีเกลียว โลหะที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวนำได้แก่ ทองแดง และ อลูมิเนียม
 ฉนวน ฉนวนทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำ เพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรงระหว่างตัวนำหรือระหว่างตัวนำกับส่วนที่ต่อลงดินและเพื่อป้องกันตัวนำจากผลกระทบทางกลและเคมีต่างๆ ในระหว่างที่ตัวนำ นำกระแสไฟฟ้าจะเกิดพลังงานสูญเสียในรูปความร้อน ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะถ่ายเทไปยังเนื้อฉนวน ความสามารถในการทนต่อความร้อนของฉนวนจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการทนต่อความร้อนของสายไฟนั้นเอง วัสดุที่นิยมใช้เป็นตัวนำมากที่สุดได้แก่ PVC และ XLPE

สายไฟฟ้าแรงดันสูง

สายไฟที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นสายไฟที่มีขนาดใหญ่ ในลักษณะตัวนำตีเกลียว สายไฟแรงดันสูงสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภท คือ สายเปลือยและสายหุ้มฉนวน

สายเปลือย

สายเปลือย คือ สายที่ไม่มีเปลือกหุ้มฉนวน นิยมนำมาใช้ในงานเกี่ยวกับแรงดันสูงมักจะทำมาจากอลูมิเนียม เพราะมีน้ำหนักเบาและราคาถูก แต่ สายอลูมิเนียมส่วนจะรับแรงดึงได้ต่ำกว่า จึงมีการนำมาพัฒนาให้สามารถรับแรงดึง ได้สูงขึ้น ได้โดยการเสริมแกนเหล็กเข้าไป หรือ อาจจะสามารถใช้โลหะชนิดอื่นผสมก็ได้ สายเปลือยที่นิยมในปัจจุบัน ได้แก่

1. สายไฟอลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย (AAC) เป็นตัวนำอลูมิเนียมตีเกลียวเป็นชั้น ๆ สายชนิดนี้รับแรงดึงได้ต่ำ จึง ไม่สามารถจึงให้มีระยะห่างช่วงเสาได้มาก (ช่วงเสา < 100 เมตร)
2. สายไฟอลูมิเนียมผสม (AAAC) สายชนิดนี้มีส่วนผสมของ อลูมิเนียม แมกนีเซียม และ ซิลิกอน สายไฟอลูมิเนียมผสมจะสามารถรับแรงดึงได้สูงกว่าสายไฟอลูมิเนียมล้วน โดยสายไฟชนิดนี้นิยมใช้ในบริเวณชายทะเล เพราะสามารถทนต่อความกัดกร่อนเกลือของไอน้ำในทะเลได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สายไฟอลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR) เป็นสายไฟอลูมิเนียมตีเกลียว ซึ่งจะมีสายเหล็กอยู่ตรงกลาง เพื่อให้สามารถรับแรงดึงได้สูงขึ้น

สายหุ้มฉนวน

ในการเดินสายไฟแรงสูงผ่านในบริเวณที่มีผู้อาศัยอยู่ เพื่อความปลอดภัยจะต้องใช้สายไฟแรงสูงที่มีฉนวนหุ้ม เพื่อช่วยลดการเกิดการลัดวงจรจากสายไฟแรงสูง สายไฟแรงสูงหุ้มฉนวนที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีดังนี้

1. สาย PARTIAL INSULATED CABLE (PIC)

สาย PIC ประกอบด้วย ตัวนำอลูมิเนียมตีเกลียวหุ้มด้วยฉนวน XLPE หนึ่งชั้น

2. สาย SPACE AERIAL CABLE (SAC)

สาย SCA เป็นตัวนำ เช่นเดียวกับกับ สาย PIC แต่จะมีเปลือกที่ทำจาก XLPE หุ้มฉนวนอยู่อีกชั้นหนึ่ง ทำให้มีความทนทานมากกว่า

3. สาย PREASSEMBLY AERIAL CABLE (PAC)

สายชนิดนี้จัดเป็นสาย FULLY INSULATED CABLE มีโครงสร้างคล้ายสาย XLPE เนื่องจากสายชนิดนี้สามารถวางใกล้กันได้ จึงใช้สายชนิดนี้เมื่อสายผ่านบริเวณที่มีระยะห่างจำกัดหรือผ่านในบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่ เนื่องจากสายไฟชนิดนี้มีความแข็งแรงและทนทานมาก

4. สาย CROSSLINKED POLYETHYLENE (XLPE)

สาย XLPE สายชนิดนี้จัดเป็นสาย FULLY INSULATED CABLE มีโครงสร้างดังนี้

- 4.1 ตัวนำ ส่วนใหญ่จะเป็นทองแดงในลักษณะตีเกลียว
- 4.2 ซิลด์ของตัวนำทำด้วยสายกึ่งตัวนำ มีหน้าที่ช่วยให้สนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับฉนวนกระจายอย่างสม่ำเสมอในแนวรัศมี
- 4.3 ฉนวนเป็นชั้นห่อหุ้มซิลด์ตัวนำอีกทีหนึ่ง ทำด้วยฉนวน XLPE
- 4.4 ซิลด์ของฉนวนมีหน้าที่จำกัดสนามไฟฟ้าให้อยู่เฉพาะภายในสายเคเบิล เพื่อเป็นการป้องกันการรบกวนระบบสื่อสาร
- 4.5 เปลือกนอก ชั้นของเปลือกนอกนี้อาจจะเป็น POLYVINYL CHLORIDE หรือ POLYETHYLENE ก็ได้แล้วแต่ลักษณะของการใช้งาน สายชนิดนี้สามารถเดินลอยในอากาศหรือฝังใต้ดินก็ได้ แต่นิยมนำมาฝังใต้ดินเพราะมีความทนทานสามารถทนต่อความชื้นได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายไฟแรงดันต่ำ

เป็นสายไฟที่ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 v มีลักษณะเป็นสายไฟหุ้มด้วยฉนวน โดยตัวนำอาจเป็นทองแดงหรือเป็นอลูมิเนียมก็ได้แต่ที่นิยมใช้กันจะเป็นสายทองแดงตีเกลียว (สายไฟขนาดใหญ่) แต่ถ้าเป็นสายไฟขนาดเล็กจะนิยมใช้สายทองแดงตัวนำเดี่ยว ฉนวนที่นิยมใช้ คือ PVC และ XLPE สายไฟแรงดันต่ำที่นำมาใช้มีดังนี้

สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC ได้แก่

1. สายไฟฟ้าตาม มอก11-2531 ตารางที่ 2 และ 11 สายไฟชนิดนี้เดิม เรียกว่า VAF ใช้ฉนวน PVC สีขาว โดยตัวนำจะเป็นตัวนำทองแดงตีเกลียวหรือตัวนำเดี่ยว ก็ได้สามารถใช้ในสถานที่แห้งหรือเปียกก็ได้
2. สายไฟฟ้าตาม มอก11-2531 ตารางที่ 4 หรือมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า THW สายไฟชนิดนี้มีลักษณะเป็นสายกลมเดี่ยว ตัวนำเป็นทองแดงหุ้มฉนวน PVC โดยทั่วไปนิยมใช้สายชนิดนี้เป็นสายวงจรร้อย สายป้อน และสายประธาน
3. สายไฟฟ้าตาม มอก11-2531 ตารางที่ 6 ,7, 8 และ 14 สายไฟชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า NYY เป็นสายไฟที่มีฉนวนหุ้ม 2 ชั้น โดยฉนวน PVC ชั้นในจะทำหน้าที่เป็นฉนวนหุ้มตัวนำเอาไว้ ส่วน ฉนวน PVC ด้านนอกทำหน้าที่เป็นเปลือก ซึ่งสามารถทนความร้อนได้สูง สายชนิดนี้จึงสามารถใช้ฝัง ดินได้โดยตรง โดยทั่วไปนิยมใช้สายชนิดนี้เป็นสายป้อนและสายประธาน

สายไฟอลูมิเนียมหุ้มด้วย PVC

ใช้ในงานระบบจำหน่ายแรงดันต่ำเดินภายนอกอาคารเป็นสายประธาน หรือ สายป้อน โดยจะใช้เดินอากาศเหนือพื้นดิน

สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยฉนวน XLPE

เนื่องจากคุณสมบัติของฉนวนที่สามารถทนต่อความร้อนได้สูงมีความแข็งแรงทนทานต่อแรงทางกลและการกัดกร่อนทางเคมีได้ดี ในปัจจุบันจึงมีการใช้สายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวน XLPE มาก ขึ้น โดยสายนี้มีชื่อเรียกว่า สาย CV หรือ CVV สายชนิดนี้นิยมใช้เป็นสายป้อนหรือสายประธาน

สายไฟฟ้าทนไฟ

สายไฟปกติทั่วไปเปลือกหรือฉนวนทำมาจากวัสดุเช่น PVC หรือ XLPE เมื่อวัสดุเหล่านี้ถูกเพลิงไหม้อาจทำให้เกิดอันตรายร้ายแรงได้ เนื่องจากวัสดุเหล่านี้

สามารถติดไฟได้ และจะลุกลามไปทั่วบริเวณรวมทั้งตามช่องทางเดินสายไฟ นอกจากนี้ จะทำให้เกิดควันหนาแน่น และ อากาศเป็นพิษกระจายอยู่ทั่วไป ทำให้คนหมดสติและเสียชีวิตในที่สุด เพื่อแก้ปัญหาที่สายไฟทนไฟจึงต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ติดไฟยากและถ้าติดก็สามารถดับไฟเองได้
2. มีคุณสมบัติที่แสดงว่าภายใต้สถานการณ์ไฟไหม้สายไฟยังสามารถจ่ายกระแสไฟได้ในช่วงเวลาหนึ่ง สายไฟฟ้าทนไฟควรใช้กับระบบและวงจรไฟฟ้าที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัย

สายไฟเคเบิลชนิด MI

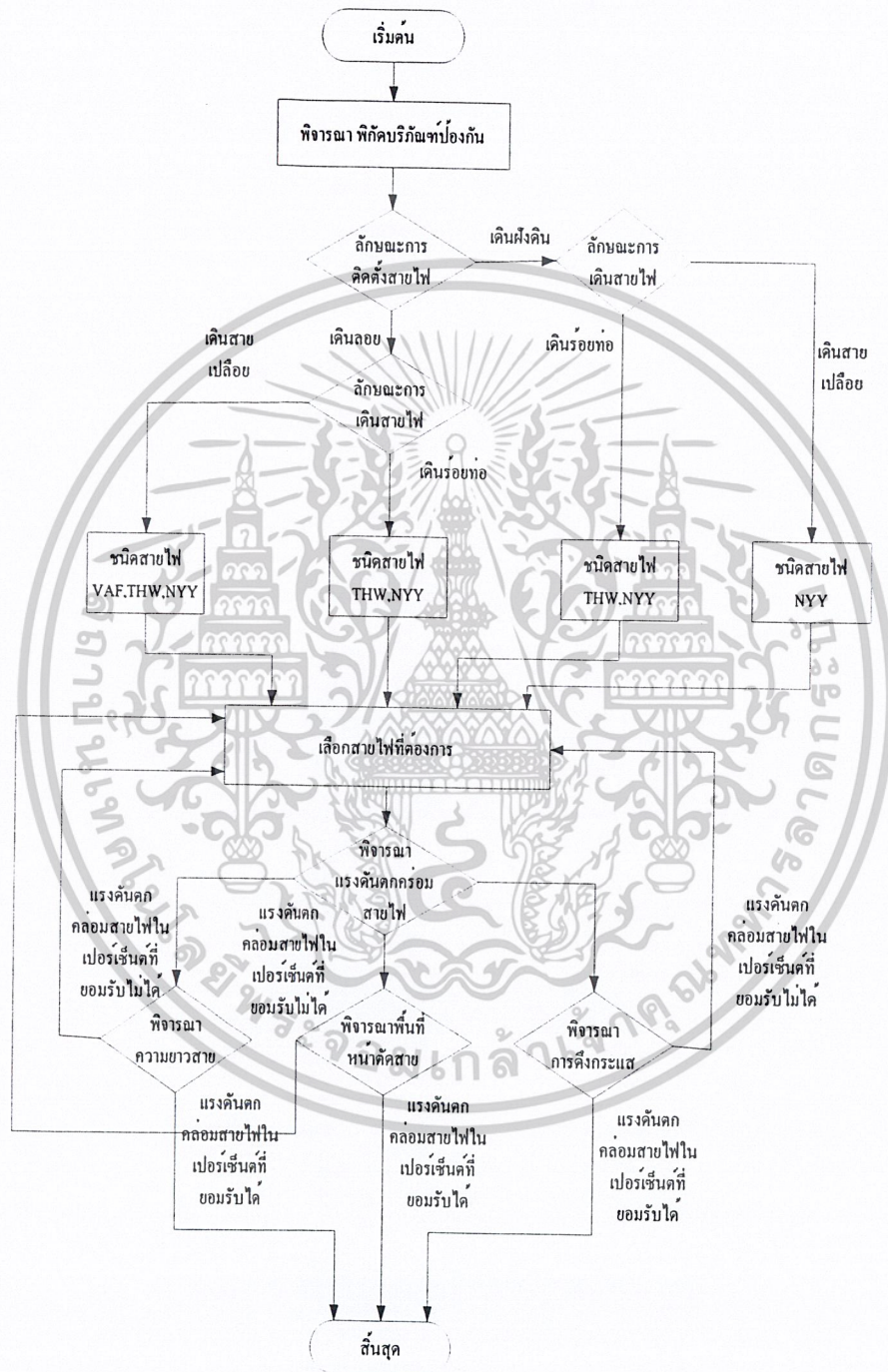
เป็นสายเคเบิลเปลือกโลหะที่ตัวนำไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนแร่ที่ผลิตจากโรงงานประกอบด้วยตัวนำเดี่ยวหรือมากกว่า มีฉนวนเป็นแร่ที่ถูกดอัดแรงอย่างสูงและหุ้มด้วยเปลือกทองแดงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งป้องกันของเหลวและป้องกันก๊าซ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนคำนวณหาขนาดสายไฟ

ขั้นตอนการคำนวณหาขนาดสายไฟ



รูปที่ 2-6 แสดง Flow Chart ขั้นตอนคำนวณหาขนาดสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ท่อสาย

ในการเดินสายไฟนั้น ถึงแม้ว่าฉนวนที่หุ้มสายไฟ จะมีความแข็งแรงทนทานพอสมควรแต่ว่ามันก็ยัง ไม่แข็งแรงพอที่จะทนต่อแรงกระแทกต่าง ๆ จากแรงภายนอกได้ ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันสายไม่ให้ได้รับความเสียหายและสามารถใช้งาน ได้ยาวนานในปัจจุบันจึงนิยมที่จะเดินสายไฟฟ้าในท่อสายท่อสายเป็น อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นท่อกลมหรือช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าในเรียบใช้ในการเดินสายไฟโดยเฉพาะ ที่สายที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีดังนี้

1. ท่อโลหะหนา (RMC) ที่โลหะหนาเป็นท่อที่มีแข็งแรงที่สุดสามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี สถานที่ใช้งาน - ใช้งานได้ทุกสถานที่และทุกสภาพอากาศ สามารถใช้ได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร และฝังดินได้
2. ท่อโลหะหนาปานกลาง (IMC) ท่อ IMC เป็นท่อที่มีความหนาแน่นกว่าท่อ RMC แต่สามารถใช้งานแทนท่อ RMC ได้ และมีราคาถูกกว่า สถานที่ใช้งาน - ลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกันกับท่อ RMC
3. ท่อโลหะบาง (EMT) เป็นท่อที่มีผนังบางกว่าท่อ RMC และ IMC จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่า จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่า
4. ท่อโลหะอ่อน ทำมาจากเหล็กกล้าชุบสังกะสี ในลักษณะที่มีความอ่อนตัวสูง สามารถโค้งงอได้ สถานที่ใช้งาน - ท่อโลหะอ่อนเหมาะสำหรับใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน เช่น มอเตอร์ เครื่องจักรต่าง ๆ หรือ ใช้กับงานที่ต้องการความโค้งงอด้วยมุมหักสูง ๆ เช่น จุดต่อดวงโคม
5. ท่อโลหะแข็ง (RNC) ท่อโลหะแข็งจะมีความทนทานต่อการกัดกร่อน และ การกระทบกระแทกได้ดี ท่อชนิดนี้แม้ว่าความแข็งแรงจะน้อยกว่าท่อโลหะแต่มันมีความทนทานต่อความชื้นและการกัดกร่อน จากสารเคมีในอากาศได้ดีกว่า
สถานที่ใช้งาน - ในที่ปิดโล่ง ที่ป้องกันการเสียหายทางกายภาพ
- ในที่ชื้น เช่น เดินซ่อนในผนัง
- ในที่เปียกชื้นโดยเป็นการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ สามารถฝัง ดินได้ เพราะมัน ทนต่อความชื้นและการผุกร่อนได้
6. รางเดินสาย เป็นรางที่ใช้เดินสายไฟ ทำจากเหล็กแผ่นพับเป็นสี่เหลี่ยมมีฝาเปิด ปิดแผ่นเหล็กที่ใช้ในการเดินสายจะต้องผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อป้องกันสนิม
สถานที่ใช้งาน - รางเดินสายใช้ในที่เปิดโล่ง ถ้าเป็นภายนอกอาคารจะต้องเป็นชนิดกันฝนได้ไม่ใช้ในในที่อันตรายทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. รางเคเบิล หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า เคเบิลเทรย์ เป็นโครงสร้าง สำหรับรองรับสายเคเบิลรางเคเบิลจะต้องมีความแข็งแรงมากพอที่จะรับน้ำหนักของสาย ได้ทั้งหมดและจะต้องไม่มีส่วนที่เป็นคมที่อาจทำให้ปลอกสายหรือฉนวนฉีกขาด รางเคเบิลเทรย์ไม่ถือว่าเป็นท่อสายแต่ได้รับความนิยมากในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจาก สามารถติดตั้งง่ายและมีราคาถูก รางเคเบิลอาจแบ่งออกตามลักษณะต่าง ๆ ได้ ดังนี้

- 7.1 รางเคเบิลแบบบันได รางเคเบิลชนิดนี้จะมีลักษณะโครงสร้างตามแนว ยาว 2 ชุด ยึดติดกันด้วย ชั้นบันได จึงมีลักษณะคล้ายบันได จะใช้กับสาย เคเบิลกำลัง
- 7.2 รางเคเบิลแบบมีช่องระบายอากาศ รางเคเบิลชนิดนี้จะเป็นชิ้นส่วนเดียวตลอดจะมีรูระบาย อากาศด้านล่างใช้จับยึดสายชนิดใหญ่ เส้นเดียวหรือสายควบคุมชนิดหลายตัวนำ
- 7.3 รางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ รางเคเบิลชนิดนี้เป็นชิ้นส่วนเดียวกันตลอดด้านล่างจะเป็นแผ่น โลหะทึบมักใช้กับสายตัวนำทั่วไปที่มีขนาดเล็ก

ข้อดี ประการหนึ่งของการใช้รางเคเบิล ก็คือ สามารถเพิ่ม เคลื่อนย้าย เปลี่ยนแปลงสายไฟได้โดยสะดวก ในการวางสายไฟฟ้ามักจะเพื่อที่เอาไว้สำหรับการขยายในอนาคตด้วย

2.7 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน

ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปการจะมีแหล่งจ่ายอยู่ 2 ชนิดคือ 1.แหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะปกติ 2. แหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะฉุกเฉิน โดยเมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะปกติล้มเหลว แหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะฉุกเฉินจะทำงานต่อเนื่องภายในเวลาที่กำหนด เพื่อประโยชน์ในการเคลื่อนย้ายผู้ที่ยังตกค้างภายในบริเวณอาคารหรือสถานที่ที่ระบบจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะปกติล้มเหลวออกมาซึ่งที่ที่มีความปลอดภัย ซึ่งแหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างในสภาวะฉุกเฉิน ต้องอิสระไม่เกี่ยวข้องกัน

การทำงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน จะทำงานเมื่อระบบจ่ายไฟฟ้าแสงสว่างปกติล้มเหลว โดยระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินจะต้องเริ่มทำงานต่อเนื่องอย่างสมบูรณ์ภายในเวลา 5 วินาที บริษัทฯไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินจะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดที่ มาตรฐาน ว.ส.ท ได้กำหนดเอาไว้

1. โคมไฟฟ้าฉุกเฉิน

- 1.1 โคมไฟฟ้าฉุกเฉินต้องเป็นชนิดที่ด้านทานต่อเปลวไฟและการติดไฟ
- 1.2 หากเป็น โคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ต้องไม่มีสตาร์ทเตอร์
- 1.3 ปริมาณแสงของโคมต้องออกมาเต็มพิกัดภายใน 60 วินาที
- 1.4 ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงปริมาณแสงของ โคมต้องออกมาเต็มพิกัดภายใน 0.25 วินาที โคมไฟต้องสามารถทำงานในอุณหภูมิแวดล้อม 70 องศาเซลเซียสและทำงานได้ไม่น้อยกว่า 45 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบตเตอรี่

- 2.1 แหล่งกำเนิดหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง จะต้องตั้งอยู่ในห้องหรือพื้นที่ปิดล้อมที่สามารถทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 1 ½ ชั่วโมง
- 2.2 ห้องแบตเตอรี่ต้องสามารถระบายอากาศได้ดี
- 2.3 การปลดแบตเตอรี่ออกจากระบบเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (End Voltage) ณ แรงดันต่อไปนี้
 - แบตเตอรี่ชนิดนิเกิลแคดเมียมแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด 1.00 โวลต์/เซลล์
 - แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด 1.6 โวลต์/เซลล์
- 2.4 การเชื่อมต่อระหว่างแบตเตอรี่ต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่เท่านั้น

3. เครื่องประจุแบตเตอรี่

- 3.1 เครื่องประจุแบตเตอรี่ต้องเป็นแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charge) สามารถประจุแบตเตอรี่จนเต็มและหยุดการประจุอัตโนมัติ
- 3.2 เครื่องประจุแบตเตอรี่ต้องควบคุมการประจุไม่ให้แรงดันเกินที่กำหนด ดังนี้
 - แบตเตอรี่ชนิดนิเกิลแคดเมียม แรงดันไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 1.40 โวลต์/เซลล์
 - แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด แรงดันไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 2.25 โวลต์/เซลล์
- 3.3 เมื่อแบตเตอรี่คายประจุจ่ายแก่ไฟฉุกเฉินจนหมดช่วงพักเวลาทำงานฉุกเฉินแล้ว ต้องทำการประจุกลับเข้าไปโดยใช้เวลาในการประจุไม่เกิน 24 ชั่วโมง และแบตเตอรี่ต้องสามารถจ่ายไฟได้ตามพักช่วงเวลาฉุกเฉิน
- 3.4 แบตเตอรี่ต้องมีเครื่องวัดและอุปกรณ์ควบคุม ดังต่อไปนี้
 - เครื่องปลดวงจร และเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านเข้า
 - หลอดไฟแสดงการจ่ายเข้า
 - โวลต์มิเตอร์กระแสตรง เป็นตัวบอกการทำงานในอัตราแรงดันประจุคงที่ หรือการเพิ่มอัตราแรงดันประจุ
 - แอมมิเตอร์กระแสตรง เพื่อวัดค่ากระแสที่ใช้ในการประจุ
 - ฟิวส์ หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ด้านจ่ายไปยังแสงสว่างฉุกเฉิน

4. อินเวอร์เตอร์

- 4.1 ระบบแบตเตอรี่ต้องมีชุดอินเวอร์เตอร์เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มาจากแบตเตอรี่ให้เป็นแรงดันกระแสสลับเพื่อจ่ายโหลดไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.2 ชุดอินเวอร์เตอร์เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มาจากแบตเตอรี่ให้เป็นแรงดันกระแสสลับเพื่อจ่ายโหลดไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและเมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าปกติสามารถจ่ายไฟได้ชุดอินเวอร์เตอร์จะถูกปลดออกจากแบตเตอรี่ และพร้อมจะทำงานอีกครั้งเมื่อแหล่งจ่ายปกติล้มเหลว
- 4.3 อินเวอร์เตอร์ต้องสามารถจ่ายโหลดไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินที่ต่ออยู่ได้อย่างต่อเนื่อง และต้องทำงานตามข้อกำหนดดังนี้
 - ความถี่ออก : บวก,ลบ 5% ของความถี่พิกัด
 - แรงดันออก : บวก,ลบ 5% ของแรงดันพิกัด

5. สายไฟฟ้า

- 5.1 สายไฟฟ้าต้องเป็นสายชนิดทนไฟ และต้องมีการป้องกันความเสียหายทางกายภาพ
- 5.2 ขนาดสายไฟฟ้าต้องสามารถรับกระแสที่ไหลในวงจรได้ แต่ต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า 10 ตารางมิลลิเมตร และแรงดันตกไม่เกิน 10%

6. สวิตช์ และอุปกรณ์ป้องกันสำหรับโคมไฟฟ้าฉุกเฉิน

สวิตช์ และอุปกรณ์ป้องกัน ต้องมีพิกัดไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของกระแสในวงจร และไม่เกิน 50 แอมแปร์

2.8 แหล่งกำเนิดแสง

หลอด อินแคนเดนเซนซ์

การทำงานของหลอดอินแคนเดนเซนซ์ เกิดขึ้นจากปล่อยให้กระแสไฟฟ้า ไหลผ่านเข้าสู่ขดลวดทั้งสแตนท์ ขดลวดจะเริ่มร้อนแดง และ เปล่งแสงออก ปริมาณ ความร้อนที่เกิดขึ้น จากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดนี้มากขึ้นเท่าไร มันก็ยิ่งเปล่งแสงออกมามากเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ก็มีข้อจำกัดอยู่ที่ว่า เราไม่สามารถ ให้ขดลวด ทั้งสแตนท์ ทำงานเกินจุดหลอมเหลวของมันได้

หลอด อินแคนเดนเซนซ์ เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพต่ำ แต่อย่างไรก็ตามความนิยมในหลอดนี้ก็ยังมีอยู่ เนื่องจากการติดตั้งทำได้ง่ายและราคาถูก นอกจากนี้ การเปลี่ยนขนาดของหลอด ทำได้ง่าย

หลอด ทั้งสแตนท์ ฮาโลเจน

หลอดควอตซ์ ทั้งสแตนท์ ฮาโลเจนนั้นจะถูกบรรจุก๊าซในกลุ่มของ ฮาโลเจนเอาไว้ ในขณะที่หลอดทำงาน ทั้งสแตนท์จะระเหิดออกมา เหมือนกับหลอด อินแคนเดนเซนซ์ โดยทั่วไป แต่ที่แตกต่างกันคือ ทั้งสแตนท์ที่ระเหิดออกมา จะเข้าจับตัวกับก๊าซ ฮาโลเจนดังกล่าว และเมื่อหลอดเย็นตัวลงก็จะขยายตัวออกจาก

กัน ทั้งสแตนด์ จะกลับไปเกาะที่ไส้หลอดอย่างเดิมทำให้ไส้หลอดไม่กร่อนเร็วเหมือนกับหลอด อินแคนเดสเซนต์ ชนิดอื่น ๆ ดังนั้นหลอด ทั้งสแตนด์ ฮาโลเจนจึงมีอายุการใช้งานมากกว่า หลอด อินแคนเดสเซนต์

หลอด ฟลูออเรสเซนต์

หลอด ฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอดที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะมีประสิทธิภาพสูงและอายุการใช้งานยืนยาวให้ความร้อนและแสงจ้าต่ำหลอด ฟลูออเรสเซนต์ แบ่งเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการทำงานของมันคือ

1. ชนิดอุ่นไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่เรามักคุ้นเคยกันมากที่สุด ก็คือหลอดชนิดอุ่นไส้ ซึ่งมันจะสว่างได้ ก็ต่อเมื่อทำการอุ่น แคโทด โดยปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันก่อน จนกระทั่งมันสามารถปล่อย อิเล็กตรอน ทำให้ก๊าซ ภายในหลอดแตกสลายตัว เป็น ไอออน หลอดประเภทนี้ใช้เวลาประมาณ 2-วินาที กว่าที่จะสว่าง และมีใช้คู่กับ

สตาร์ทเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ต่อวงจร ระหว่าง ไส้หลอดทั้ง 2 ข้างในช่วงแรก และเมื่อไส้หลอดมี อุณหภูมิสูงพอตัวสตาร์ทเตอร์ ก็จะเปิดวงจรออก ในช่วงนี้จะเกิดแรงดัน ไฟฟ้าดันกระแสจากไส้หลอดข้างหนึ่ง วิ่งผ่านตัวหลอดไปหาไส้หลอดอีกปลายหนึ่ง

2. ชนิดติดทันที หลอดประเภทนี้สามารถทำงาน โดยไม่ต้องอุ่น ไส้หลอดให้ร้อนก่อนจึง ไม่จำเป็นต้องมี สตาร์ทเตอร์ บัลลาสต์จะทำหน้าที่สร้างแรงดัน ไฟฟ้าที่มีค่าสูงเพื่อเอาชนะความต้านทานภายในหลอด และทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จากขั้วหลอดหนึ่งไปปลายข้างหนึ่งได้ และเนื่องจากไม่จำเป็นต้องอุ่นไส้ก่อน หลอดประเภทนี้จึงมักมีขั้วหลอดเพียงขาเดียว อายุการใช้งานของหลอดประเภทนี้จะสั้นกว่าหลอดชนิดอุ่นไส้ กับ หลอดชนิดติดเร็ว แต่หลอดประเภทนี้สามารถสว่างได้ทันที

3. ชนิดติดเร็ว เป็นหลอดที่เกิดขึ้นที่เกิดจากความต้องการ รวมความต้องการของทั้ง 2 หลอดเข้าด้วยกัน ที่บัลลาสต์ จะมีขดลวดพิเศษเพิ่มขึ้นอีกชุดหนึ่ง ทำหน้าที่อุ่น ไส้หลอดไว้ตลอดเวลา การสว่างของหลอดจะเกิดขึ้นช้ากว่าหลอดชนิดติดทันทีอยู่เล็กน้อยแต่ไม่อาศัยแรงดัน ไฟฟ้าสูงเหมือนหลอดติดทันทีทำให้อายุการใช้งานสูงกว่า อีกทั้งไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ ปัจจุบันหลอดชนิดนี้เป็นที่นิยมมาก

หลอดชนิดปล่อยประจุความเข้มสูง(หลอด HID)

หลอด HID นี้มักนิยมใช้กันตาม โรงงานอุตสาหกรรม ถนน และสนามกีฬา เนื่องจากหลอดนี้มีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานที่สูงและมีขนาดกะทัดรัด ทำให้ออกแบบดวงโคมได้ง่าย หลอด HID ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่

1. หลอดแสงจันทร์ เป็นหลอด HIDชนิดแรกที่ถูกผลิตขึ้น

- มีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 24000 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีประสิทธิภาพระหว่าง 40 – 60 ลูเมน ต่อวัตต์
- ขนาดที่ผลิตขึ้นมาคือ 40 - 1000 w

2. หลอดโหลฮาไลด์ เป็นหลอด HID ที่มีโครงสร้างและการทำงานคล้ายหลอดแสงจันทร์ แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าและให้ความสมดุลของสีของแสงได้ดีกว่า

- มีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 7500 - 10500 ชั่วโมง
- มีประสิทธิภาพระหว่าง 60 – 90 ลูเมน ต่อวัตต์
- ขนาดที่ผลิตขึ้นมาคือ 175 - 2000 w

3. หลอดโซเดียมความดันสูง เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในหลอด HID

- มีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 24000 ชั่วโมง
- มีประสิทธิภาพระหว่าง 140 ลูเมน ต่อวัตต์
- ขนาดที่ผลิตขึ้นมาคือ 50 - 1000 w

2.9 โคม

ดวงโคม มีหน้าที่หลักในการควบคุมลำแสงให้กระจายไปตกบนพื้นที่ที่เราต้องการ นอกจากนั้นยังช่วยป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นล่อไฟ โดยเราสามารถแบ่งชนิดของโคม ได้เป็น ดังนี้

1. แบ่งตามชนิดของหลอดไฟที่ใช้ คือ ดวงโคม อาจแบ่งเป็น 3 ประเภท

- ดวงโคมที่ใช้กับหลอด ฟลูออเรสเซนต์
- ดวงโคมที่ใช้กับหลอด อินแคนเดสเซนต์
- ดวงโคมที่ใช้กับหลอด HID

2. แบ่งตามลักษณะการติดตั้ง อาจแบ่งเป็น 3 ประเภท

- ติดแบบฝังเข้าไปในเพดาน
- แบบยึดติดกับเพดาน
- แบบห้อย

3. แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

บางครั้งเราก็จำแนกชนิดของดวงโคมตามลักษณะการใช้งาน เช่นดวงโคม สำหรับ โรงงานอุตสาหกรรม ดวงโคมสำหรับ ใช้เป็นไฟ ถนน นอกจากนี้ ยังมีโคมที่ออกแบบขึ้นเฉพาะสำหรับงานพิเศษ เช่น ในที่มีความชื้นมาก ในที่ที่ อาจติดไฟได้ หรือในที่ที่ โยของสารเคมีสูง เป็นต้น

4. แบ่งตามลักษณะการกระจายแสง

คือ พิจารณา จากอัตรา ระหว่าง แสงที่พุ่งจากดวงโคม ขึ้นสู่พื้น กับ ปริมาณแสงที่พุ่งจากดวงโคมขึ้นสู่เพดาน โดยเราอาจแบ่งดวงโคม ลักษณะนี้เป็น 5 ดวงโคมใหญ่ ๆ

4.1 ดวงโคมชนิดกระจายแสงลง แสงส่วนใหญ่จากดวงโคมประเภทนี้ประมาณ 90-100% จะกระจายลงสู่เบื้องล่าง ข้อดีของดวงโคมชนิดนี้เราสามารถควบคุมทิศทางของลำแสงได้ง่าย

4.2 ดวงโคมชนิดกึ่งกระจายแสงลง ดวงโคมประเภทนี้จะกระจายลงสู่เบื้องล่างประมาณ 60-90% และปล่อยให้แสงกระจายขึ้นสู่เพดาน ประมาณ 10-40 % วิธีนี้เราที่ จะลดความแตกต่างของความจ้าระหว่างดวงโคมและเพดานได้อย่างดี

ข้อเสีย คือ การกระจายแสงลงอาจเกิดเงาขึ้นบนพื้นงานได้ง่าย ถ้าระยะห่างระหว่าง ดวงโคมมาก

4.3 ดวงโคมชนิดกระจายแสงรอบด้าน หรือ กระจายแสงแบบขึ้นลง ลักษณะของดวงโคมประเภทนี้ จะจ่ายแสงลงสู่พื้นและกระจายแสงพุ่งขึ้นสู่เพดานพอกัน การ ควบคุมการกระจายแสงของโคมประเภทนี้ ทำได้ยาก กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์จะต่ำแต่โคมประเภทนี้จะให้ค่าความจ้าทั้งพื้นผิวห้องดูสม่ำเสมอและสบายตา

4.4 ดวงโคมชนิดกระจายแสงขึ้น ปริมาณแสงส่วนใหญ่ประมาณ 60-90% จะกระจายขึ้นสู่เพดาน และปล่อยให้แสงส่วนที่เหลือกระจายลงสู่พื้น โดยเพดานจะทำหน้าที่คล้ายกับแหล่งกำเนิดแสงแผ่นใหญ่แผ่นหนึ่ง ซึ่งจะสะท้อนแสงลงสู่เบื้องล่าง ฉะนั้น ความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดานจะต้องสูงมาก ความจ้าของดวงโคมชนิดนี้จะไม่แตกต่าง เรามักจะใช้ดวงโคมชนิดนี้ ในสถานที่ที่มีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องแสงแย่มาก ๆ

4.5 ดวงโคมชนิดกระจายแสงขึ้น ปริมาณแสงจากดวงโคมเกือบทั้งหมดประมาณ 90-100% จะกระจายขึ้นสู่เพดาน และส่วนบนของผนังแล้วจึงสะท้อนสู่พื้นงาน และค่าความจ้าทั่วบริเวณห้องจะดูสม่ำเสมอ ข้อเสียของดวงโคมชนิดนี้ คือ มันจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ต่ำสุด

2.10 การต่อลงดิน

การต่อลงดินมีประโยชน์ 2 ประการ คือ

1. เพื่อป้องกันอันตราย ที่จะเกิดกับบุคคล ที่บังเอิญไปสัมผัสกับส่วนที่เป็น โลหะ ของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่มีแรงดันไฟฟ้า เนื่องจากการรั่วไหล หรือการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า
2. เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ หรือ ระบบไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของการต่อลงดินและส่วนประกอบต่างๆ

1. การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านลงดิน เช่น การต่อจุดนิวทรัล
2. การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนที่เป็นโลหะ ที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของอุปกรณ์ต่างๆลงดิน

การต่อลงดินมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1. หลักดิน หรือ ระบบหลักดิน
2. สายต่อหลักดิน
3. สายที่มีการต่อลงดิน
4. สายต่อฝากหลัก
5. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

จุดประสงค์ของการต่อลงดินของระบบไฟฟ้า(System Grounding)

1. เพื่อจำกัดแรงดันเกินที่ส่วนต่างของระบบไฟฟ้า ซึ่งอาจเกิดจากฟ้าผ่าเสิร์จในสาย หรือสัมผัสกับสายแรงสูง
2. เพื่อให้ค่าแรงดันเทียบกับดินขณะระบบทำงานปกติมีค่าอยู่ตัว
3. เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเกิดการลัดวงจรลงดิน

สายต่อหลักดิน(Grounding Electrode Conductor)

หมายถึง ตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างหลักดินกับส่วนทั้งสามต่อไปนี้เป็นคือ

- สายที่มีการต่อลงดิน
- สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า
- สายต่อฝากที่บริภัณฑ์ไฟฟ้า

การป้องกันสายดินจากสนามแม่เหล็ก

- ต้องให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าจากบริภัณฑ์ไฟฟ้าไปยังหลักดิน
- สิ่งห่อหุ้มต้องยึดติดกับระบบหลักดิน
- ถ้าสายต่อหลักดิน ไม่ได้มีสิ่งห่อหุ้มตลอดความยาวปลายทั้งสองของสิ่งห่อหุ้ม จะต้องเชื่อมเข้ากับสายต่อหลักดิน เพื่อป้องกันความร้อนขณะลัดวงจร

สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)

สายที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor) คือ สายของวงจรที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งส่วนใดต่อถึงดินอย่างจงใจในกรณีที่เกิดกระแสลัดวงจรลงดินสายที่มีการต่อลงดินจะทำหน้าที่เป็นสายดินของอุปกรณ์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อนำกระแสลัดวงจรกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟ ในระบบไฟฟ้าโดยทั่วไป สายที่มีการต่อลงดินคือสายนิวทรัล แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นสายนิวทรัลเสมอไป

การต่อลงดินของบริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment Grounding)

หมายถึง การต่อสิ่งห่อหุ้ม โลหะต่างๆ และ สายนิวทรัลที่บริภัณฑ์ประธานลงดินบริภัณฑ์ประธานจะเป็นจุดต่อรวมของสายดินดังนี้

1. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า
2. สายที่มีการต่อลงดิน
3. สายต่อฝากหลัก
4. สายต่อหลักดิน

การต่อฝากหลัก(Main Bonding Jumper)

การต่อที่สำคัญอีกอย่างที่บริภัณฑ์ประธาน คือการต่อฝากหลัก(Main Bonding Jumper) หมายถึง การต่อโครงโลหะของบริภัณฑ์ประธานกับตัวนำที่มีการต่อลงดินอาจเป็นบัสบาร์สายดิน

การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า(Equipment Grounding)

การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนที่เป็น โลหะที่ไม่มีกระแสไหลผ่านของสถานประกอบการให้ถึงกันตลอดแล้วต่อลงดิน

การต่อลงดินของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้า มีจุดประสงค์ดังนี้ คือ

1. เพื่อให้ส่วนโลหะที่ต่อถึงกันตลอดมีศักดาไฟฟ้าเท่ากับดิน ทำให้ปลอดภัยจากการถูกไฟดูด
2. เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้รวดเร็วขึ้นเมื่อตัวนำไฟฟ้าแตะเข้ากับส่วน โลหะใดๆ
3. เป็นทางผ่านให้กระแสรั่วไหล และกระแสเนื่องมาจากไฟฟ้าสถิตลงดิน

เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน มีดังนี้

1. เครื่องห่อหุ้มที่เป็น โลหะของ สายไฟฟ้า แผงบริภัณฑ์ประธาน โครง และรางบันจันที่ใช้ไฟฟ้า โครงของตู้ลิฟต์
2. สิ่งกันที่เป็น โลหะ รวมทั้งเครื่องห่อหุ้มของเครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบแรงสูง
3. เครื่องบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ยึดติดอยู่กับที่และชนิดที่มีการเดินสายถาวรส่วนที่เป็น โลหะเปิด โล่งซึ่งปรกติไม่มีไฟฟ้า แต่อาจมีไฟรั่วถึงได้ ต้องต่อลงดินถ้ามีสภาพตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้
 - อยู่ห่างจากพื้น หรือ โลหะที่ต่อลงดินไม่เกิน 8 ฟุต ในแนวตั้ง หรือ 5 ฟุต ในแนวนอน และบุคคลอื่นอาจสัมผัสได้
 - สัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะอื่นๆ
 - อยู่ในสภาพที่เปียกชื้น และ ไม่ได้มีการแยกให้อยู่ต่างหาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน

ดัชนีแสดงค่ามาตรฐานการป้องกัน เป็นการกำหนดค่าความสามารถในการป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าที่เป็นอันตรายต่อบุคคล ทั้งจากการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าโดยตรงหรือการใช้วัตถุสอดใส่เข้าไปในเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า และยังเป็นตัวแสดงค่าความสามารถในการป้องกันความเสียหายจากของเหลวเข้าไปในเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกด้วย การแสดงค่าความสามารถในการป้องกันจะกำหนดเป็นค่าตัวเลขหลังอักษรตัว IP และตามด้วยตัวเลขอีกสองตัวโดย

ตัวเลขตัวแรก หมายถึง ตัวเลขแสดงความสามารถในการป้องกันวัตถุ(ของแข็ง)เล็ดลอดเข้าภายใน

ตัวเลขตัวที่สอง หมายถึง ตัวเลขแสดงความสามารถในการป้องกันของเหลวเข้าไปทำความเสียหาย

ตารางที่ 2-1 แสดงความหมายของตัวเลขในการป้องกัน

รหัส	รหัสตัวแรกแสดงความสามารถในการป้องกันวัตถุ(ของแข็ง)เล็ดลอดเข้าภายใน	รหัสตัวที่สองแสดงความสามารถในการป้องกันของเหลวเข้าไปทำความเสียหาย
0	ไม่มีการป้องกัน	ไม่มีการป้องกัน
1	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 50 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาในแนวตั้งได้
2	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 12 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาในแนวตั้ง และ ในแนวที่ทำมุม 15° กับแนวตั้งได้
3	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2.5 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำฝนที่ตกลงมาในแนวที่ทำมุม 60° กับแนวตั้งได้
4	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง	สามารถป้องกันหยดน้ำหรือน้ำที่สาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	กลางมากกว่า 1 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านตลอดเข้าไปข้างในได้	มาจากทุกทิศทางทางใต้
5	สามารถป้องกันฝุ่นได้	สามารถป้องกันน้ำที่ฉีดมาตกกระทบในทุกทิศทาง
6	สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์	สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมได้ชั่วคราวหรือ สามารถป้องกัน ความเสียหายที่เกิดจากคลื่นของน้ำทะเล
7		สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมได้
8		สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมได้อย่างถาวร

2.12 การจัดลำดับของบริภัณฑ์การป้องกัน

ในการทำงานของระบบไฟฟ้าในทางปฏิบัติทั่วไปแล้ว การจ่ายไฟฟ้าให้แก่โหลดไฟฟ้าอย่างมีเสถียรภาพ เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง แต่ในความเป็นจริงแล้วการจ่ายไฟฟ้าให้แก่โหลดไฟฟ้ามักจะมีปัญหาในเรื่องของ (Fault) เกิดขึ้นเสมอ ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ระบบป้องกันไฟฟ้าต้องสามารถตัดส่วนที่เกิดความบกพร่อง ออกจากระบบเพื่อยังคงความมีเสถียรภาพแก่ระบบส่วนที่ไม่มี ความบกพร่อง ดังนั้นจึงต้องทำการต่อบริภัณฑ์ป้องกันดังกล่าวอนุกรมกันหลายชุดเพื่อให้ระบบทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพ

การทำงานประสานกัน (Coordination) ก็คือการจัดตั้งค่าของบริภัณฑ์ ป้องกันของระบบโดยอาศัยกราฟ คุณสมบัติของเวลา และกระแสของบริภัณฑ์ป้องกันอย่างเหมาะสม

การแบ่งระบบป้องกันไฟฟ้าแรงต่ำ สามารถจำแนกได้ เป็น 3 อย่างคือ

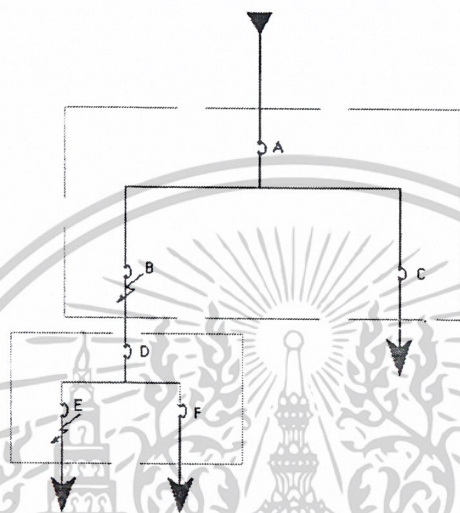
1. Fully Rated Protective System
2. Selective Protective System
3. Cascade Protective System

ซึ่งใน 3 ระบบดังกล่าวนี้การเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับการศึกษา ความเหมาะสมกับ ระบบที่ต้องการป้องกัน ว่ามีความซับซ้อนเพียงใด ตลอดจนในเรื่องของความน่าเชื่อถือของระบบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Fully Rated Protective System

ในระบบนี้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกตัวต้องมีพิกัดกระแสลัดวงจร ให้เพียงพอกระแสลัดวงจรสูงสุด ที่มีได้ ณ ที่จุดติดตั้ง ดังที่แสดงในภาพด้านล่าง



รูปที่ 2-7 แสดง Single-Line Diagram ของระบบไฟฟ้าย่อย

สมมุติว่า : กระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) ที่ตำแหน่ง B เท่ากับ 30 kA

กระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) ที่ตำแหน่ง E เท่ากับ 10 kA

เมื่อพิจารณา ค่ากระแสลัดวงจรที่ตำแหน่ง เบรกเกอร์ B และ E แล้วจะพบว่า ค่ากระแสลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ A,B,C ค่า I_c (Interrupting Capacity) ต้องไม่ต่ำกว่า 30 kA และค่ากระแสลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ D,E,F ค่า I_c (Interrupting Capacity) ต้องไม่ต่ำกว่า 10 kA และไม่ว่าจะเกิดลัดวงจรขึ้นที่ใดก็ตาม เซอร์กิตเบรกเกอร์ ตัวใดตัวหนึ่งอาจทำการตัดวงจรก่อนก็ได้

2. Selective Protective System

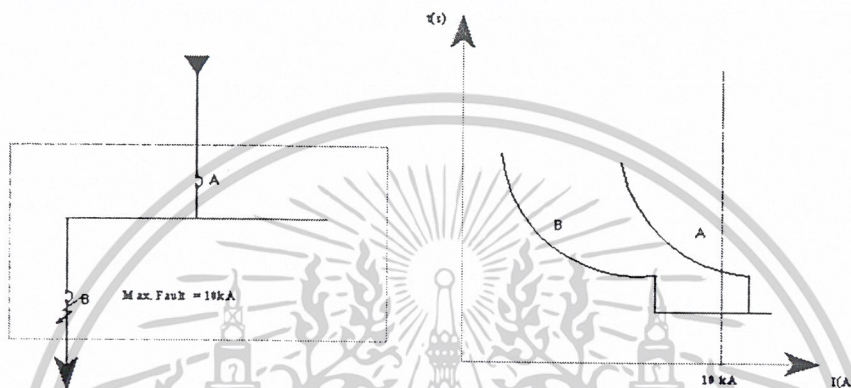
ในระบบนี้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกตัวต้องมีพิกัดกระแสลัดวงจร ให้เพียงพอกระแสลัดวงจรสูงสุด ที่มีได้ ณ ที่จุดติดตั้ง เช่นเดียวกับ Fully Rated Protective System แต่ต่างกันว่า Tripping Characteristic Curve ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ต้องไม่มีการวางทับซ้อนกัน ในการออกแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่อยู่ใกล้จุดผิดปกติที่สุดจะเป็นตัวที่ตัดวงจรก่อน นั่นก็คือเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ตรงสายล่างของวงจร(Downstream Circuit Breaker) จะต้องตัดวงจรก่อน เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ตรงสายล่างของวงจร(Upstream Circuit Breaker)

ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Fully Selective Protective System
2. Partially Selective Protective System

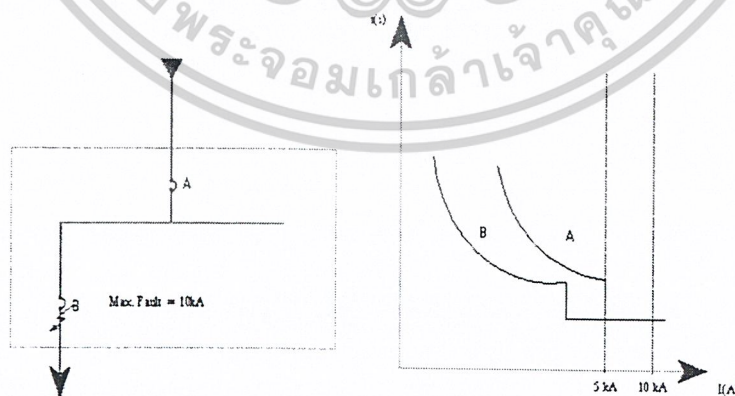
2.1 Fully Selective Protective System



รูปที่ 2-8 Fully Selective Protective System

จากตัวอย่างเป็นการแสดง Tripping Characteristic Curve ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ A,B ซึ่งจะพบว่าไม่ว่าจะเกิดลัดวงจรขึ้นที่ใดก็ตาม ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ B จะตัดวงจรก่อนเสมอ

2.2 Partially Selective Protective System



รูปที่ 2-9 Partially Selective Protective System

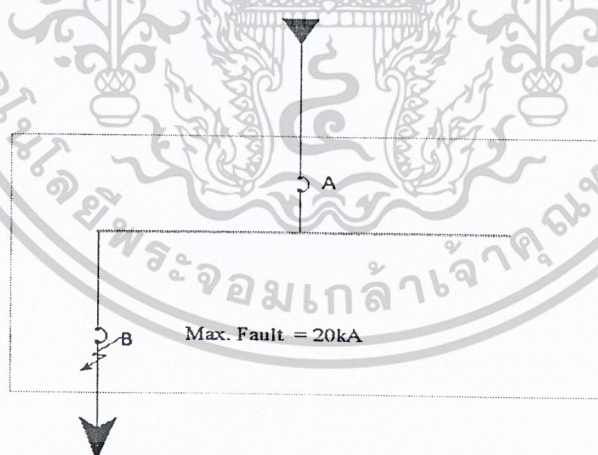
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างเป็นการแสดง Tripping Characteristic Curve ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ A,B ซึ่งจะพบว่า หากมีกระแสลัดวงจรที่มีค่าสูงกว่า 5kA ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ A อาจตัดวงจรก่อนเซอร์กิตเบรกเกอร์ B ก็ได้

3.Cascade Protective System

ในระบบ Cascade Protective System นี้จะมีเพียงเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ เท่านั้นที่มีฟังก์ชันการตัดกระแสลัดวงจรเพียงพอกับค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดติดตั้ง ดังนั้นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ใกล้จุดที่เกิดความผิดปกติไม่จำเป็นที่มีฟังก์ชันการตัดกระแสลัดวงจรเพียงพอกับค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดติดตั้ง แต่จะอาศัยเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ช่วยในการตัดวงจรกรณีกระแสลัดวงจรสูงๆ ถ้ามีเซอร์กิตเบรกเกอร์ หลายๆตัว เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เป็น Upstream Circuit Breaker ต้องมีฟังก์ชันการตัดกระแสลัดวงจรเพียงพอกับค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดเท่าที่จะมีได้ ส่วน Downstream Circuit Breaker ไม่จำเป็นต้องมีฟังก์ชันการตัดกระแสลัดวงจรเพียงพอกับค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดติดตั้ง เพราะว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เป็น Upstream Circuit Breaker จะช่วยในการตัดวงจรให้แก่เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เป็น Downstream Circuit Breaker นั้นเอง

จากรูป พบว่าในกรณีนี้กระแสลัดวงจรสูงสุดมีค่าเท่ากับ 20kA แต่เราสามารถที่เลือกเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ให้ขนาด 100 kA โดยมีข้อแม้ว่า เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เลือกใช้ต้องเป็นแบบ จำกัดกระแส(Current Limiting Circuit Breaker) เพราะว่า เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้จะตัดวงจรได้ใน เวลา 5ms (1/4 คาบเวลา) ซึ่งถ้ามีกระแสลัดวงจรที่รุนแรง Downstream Circuit Breaker ก็จะไม่ได้รับผลกระทบจากกระแสลัดวงจร



รูปที่ 2-10 Single-Line Diagram ของกรณี Cascade Protective System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้เบื้องต้นในการทำ Coordination

1. ระบบที่จะทำการ Coordination

- ต้องมี single-line diagram ของระบบที่แสดงบริษัทไฟฟ้าต่างๆ เช่น บัสบาร์, เซอร์กิตเบรกเกอร์, รีเลย์, หม้อแปลงเครื่องวัด, หม้อแปลงกำลัง, สายไฟ, โหลด
- ชนิด หรือ พิกัด รวมทั้งอิมพีแดนซ์ของโหลดที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลของการหากระแสลัดวงจรด้วย
- กระแสลัดวงจร ทั้งค่าสูงสุด และค่าสุดขณะทำงาน

2. ช่วงเวลาในการทำ Coordination ของบริษัทป้องกัน

ช่วงเวลาในการทำ Coordination ของบริษัทป้องกันพิจารณาได้จาก

- ขนาดของกระแสลัดวงจร
- ความไวของของบริษัป้องกันต่อกระแสลัดวงจร
- ช่วงเวลาที่บริษัทป้องกันทำงาน
- หน้าที่ของบริษัทป้องกัน

3. ขอบเขตของการป้องกันบริษัทไฟฟ้า

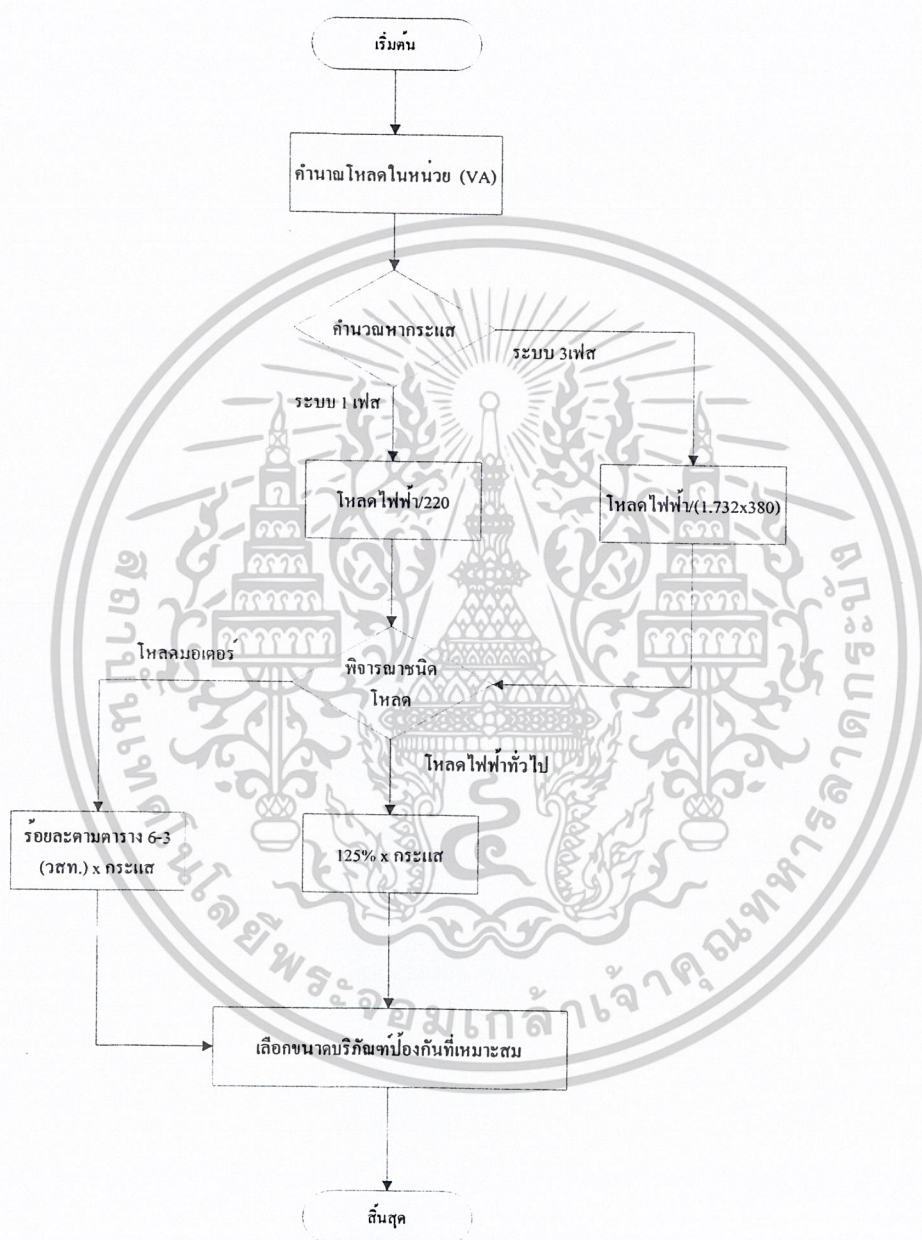
สามารถพิจารณาได้จาก บริษัทไฟฟ้าต่างๆ เช่น บัสบาร์, เซอร์กิตเบรกเกอร์, รีเลย์, หม้อแปลงเครื่องวัด, หม้อแปลงกำลัง, สายไฟ, โหลด โดยอาศัยมาตรฐาน ที่มีอยู่เช่น IEC, NEC เป็นตัวกำหนด พิกัดบริษัทป้องกัน

4. คุณสมบัติบริษัทป้องกัน

บริษัทป้องกันทุกชนิดต้องมีคุณสมบัติกระแสที่ไหลแปรผกผันกับเวลา โดยที่กระแสที่ไหลมีค่าที่สูงเวลาที่ทำงานก็จะสั้นแต่เมื่อ กระแสที่ไหลมีค่าน้อยเวลาที่ทำงานก็จะมาก โดยบริษัทที่พบส่วนใหญ่ คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์, รีเลย์, ฟิวส์ คุณสมบัติบริษัทป้องกันจะแสดงในรูป กราฟ log-log โดยแนวตั้งเป็นเวลา แนวอนเป็นกระแส

5. ขั้นตอนการหาขนาดบริษัทป้องกัน

ขั้นตอนการหาขนาดบริษัทป้องกัน



รูปที่ 2-11 Flow Chart ขั้นตอนการหาขนาดบริษัทป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณระบบไฟฟ้า

3.1 การคำนวณไฟทางเดินซึ่งแบ่งออกเป็น 20 Circuit

วงจร 1 Circuit ใช้หลอดแบบ Compact Fluorescent ขนาด 5 W จำนวน 6 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่า 11.9 VA

$$\text{หาค่า VA รวมใน 1 Circuit} = 11.9 * 6 = 71.4 \text{ VA}$$

$$\text{หาค่ากระแส (I) ใน 1 Circuit} = 71.4 / 220 = 0.324 \text{ A}$$

เลือกสายที่ง่ายให้กับวงจรย่อยจากตาราง ว.ส.ท. ซึ่งกำหนดให้ใช้สาย NYY ขนาด 2.5 mm^2

ในการหาขนาด CB ใน 20 Circuit จะแบ่งเป็น 7 Circuit , 7 Circuit และ 6 Circuit

$$7 \text{ Circuit ทำให้เกิดกระแส} = 0.324 * 7 = 2.27 \text{ A}$$

$$\text{เลือก CB ขนาด} = 1.25 * 2.27 = 2.83 \text{ A}$$

ดังนั้นจะต้องเลือก CB ขนาด 16 AT แบบ 1 Pole ตามตารางรายการสินค้า

$$6 \text{ Circuit ทำให้เกิดกระแส} = 0.324 * 6 = 1.94 \text{ A}$$

$$\text{เลือก CB ขนาด} = 1.25 * 1.94 = 2.43 \text{ A}$$

ดังนั้นจะต้องเลือก CB ขนาด 16 AT แบบ 1 Pole ตามตารางรายการสินค้า

3.2 จำนวนโหลดไฟแสดงชั้นงาน

ในการใช้ไฟแสดงชั้นงาน เราเลือกใช้ Flood Light แบบ 300 W ในการส่องไฟแสดงชั้นงาน ค่า VA ต่อ 1 หลอด คือ 300 VA เพราะเป็นหลอดไส้ ซึ่งสามารถแบ่งการคำนวณเป็น

1. SL - 01 , SL - 02 ใช้ Circuit ละ 2 หลอดและ 3 หลอดตามลำดับ

$$\text{ค่า VA} = 5 * 300 = 1500 \text{ VA}$$

$$\text{คิดค่ากระแสได้} = 1500 / 220 = 6.82 \text{ A}$$

$$\text{เลือกสาย NYY - 1C ตาม ว.ส.ท. ขนาด } 2.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{เลือก CB ขนาด} = 1.25 * 6.82 = 8.525 \text{ A}$$

ดังนั้นจะต้องเลือก CB ขนาด 16 AT ตามตารางรายการสินค้า

2. SL - 05 , SL - 06 ใช้ Circuit ละ 2 หลอด

$$\text{ค่า VA} = 4 * 300 = 1200 \text{ VA}$$

$$\text{คิดค่ากระแสได้} = 1200 / 220 = 5.454 \text{ A}$$

$$\text{เลือกสาย NYY - 1C ตาม ว.ส.ท. ขนาด } 2.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{เลือก CB ขนาด} = 1.25 * 5.454 = 6.817 \text{ A}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะต้องเลือก CB ขนาด 16 AT ตามตารางรายการสินค้า

3. SL – 07, SEC 1 ใช้ Circuit ละ 1 หลอด และ 4 ตามลำดับ

$$\text{ค่า VA} = 5 * 300 = 1500 \text{ VA}$$

$$\text{คิดค่ากระแสได้} = 1500 / 220 = 6.82 \text{ A}$$

เลือกสาย NYY – 1C ตาม ว.ส.ท. ขนาด 2.5 mm^2

$$\text{เลือก CB ขนาด} = 1.25 * 6.82 = 8.525 \text{ A}$$

ดังนั้นจะต้องเลือก CB ขนาด 16 AT ตามตารางรายการสินค้า

4. SEC 3, Compact Fluorescent 8 W ใช้จำนวน 3 หลอด และ 4 หลอดตามลำดับ

$$\text{ค่า VA} = (3 * 300) + (4 * 15) = 960 \text{ VA}$$

$$\text{คิดค่ากระแสได้} = 960 / 220 = 4.36 \text{ A}$$

เลือกสาย NYY – 1C ตาม ว.ส.ท. ขนาด 2.5 mm^2

$$\text{เลือก CB ขนาด} = 1.25 * 4.36 = 5.45 \text{ A}$$

ดังนั้นจะต้องเลือก CB ขนาด 16 AT ตามตารางรายการสินค้า

5. SEC 2, Compact Fluorescent 8 W ใช้จำนวน 3 หลอด และ 10 หลอดตามลำดับ

$$\text{ค่า VA} = (3 * 300) + (10 * 15) = 1050 \text{ VA}$$

$$\text{คิดค่ากระแสได้} = 1050 / 220 = 4.77 \text{ A}$$

เลือกสาย NYY – 1C ตาม ว.ส.ท. ขนาด 2.5 mm^2

$$\text{เลือก CB ขนาด} = 1.25 * 4.77 = 5.96 \text{ A}$$

ดังนั้นจะต้องเลือก CB ขนาด 16 AT ตามตารางรายการสินค้า

6. SEC 4, SL – 08 ใช้จำนวน 3 หลอด และ 1 หลอดตามลำดับ

$$\text{ค่า VA} = 4 * 300 = 1200 \text{ VA}$$

$$\text{คิดค่ากระแสได้} = 1200 / 220 = 5.45 \text{ A}$$

เลือกสาย NYY – 1C ตาม ว.ส.ท. ขนาด 2.5 mm^2

$$\text{เลือก CB ขนาด} = 1.25 * 5.45 = 6.81 \text{ A}$$

ดังนั้นจะต้องเลือก CB ขนาด 16 AT ตามตารางรายการสินค้า

7. SL - 03, SL – 08 ใช้จำนวน 2 หลอด และ 1 หลอดตามลำดับ

$$\text{ค่า VA} = 3 * 300 = 900 \text{ VA}$$

$$\text{คิดค่ากระแสได้} = 900 / 220 = 4.09 \text{ A}$$

เลือกสาย NYY – 1C ตาม ว.ส.ท. ขนาด 2.5 mm^2

$$\text{เลือก CB ขนาด} = 1.25 * 4.09 = 5.112 \text{ A}$$

ดังนั้นจะต้องเลือก CB ขนาด 16 AT ตามตารางรายการสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การคำนวณปลั๊กซ์

การคำนวณหา VA ของปลั๊กซ์ตาม ว.ส.ท. ให้ปลั๊กซ์ 1 ตัว = 200 VA โดยปลั๊กซ์จะมีทั้งแบบกันน้ำได้ และแบบธรรมดา

1. แบบธรรมดา OC-01 = 6 ตัว

$$\text{คิดเป็น} = 6 * 200 = 1200 \text{ VA}$$

$$\text{คิดกระแสได้} = 1200/220 = 5.45 \text{ A}$$

เลือกสาย THW – 1C ตาม ว.ส.ท. ขนาด 2.5 mm^2

เมื่อ $1.25 * 5.45 = 6.81 \text{ A}$ แต่เนื่องจากโหลดเด้ารับไม่แน่นอนขอเพื่อเป็นการเผื่อ โหลด จึงเลือกขนาด CB ขนาด 20 AT ตามตารางรายการสินค้า

2. แบบกันน้ำ O-01 = 5 ตัว

$$\text{คิดเป็น} = 5 * 200 = 1000 \text{ VA}$$

$$\text{คิดกระแสได้} = 1000/220 = 4.54 \text{ A}$$

เลือกสาย NYY – 1C ตาม ว.ส.ท. ขนาด 4 mm^2 และ Ground (G) ขนาด 2.5 mm^2

เมื่อ $1.25 * 4.54 = 5.68 \text{ A}$ แต่เนื่องจากโหลดเด้ารับไม่แน่นอนขอเพื่อเป็นการเผื่อ โหลด จึงเลือกขนาด CB ขนาด 20 AT ตามตารางรายการสินค้า

3.4 ระบบไฟฉุกเฉิน

ซึ่งจะติดสลักับไฟทางเดินปกติ

- ใช้จำนวน 120 หลอดตามไฟทางเดินปกติ
- ใช้ 6 หลอดคือ 1 Circuit ตามไฟทางเดินปกติ
- ใช้ขนาดสายตามไฟทางเดินปกติ
- ใช้ขนาด CB ตามไฟทางเดินปกติ
- ขั้นตอนการคำนวณได้คำนวณแล้ว ในไฟทางเดิน

3.5 การ Balance Load

เมื่อคำนวณโหลดได้แล้ว ขั้นตอนถัดไปจะเป็นการ Balance Load เพื่อให้โหลดในแต่ละเฟสมีความสมดุลกันซึ่งเราได้ Spare และ จ่ายไฟฟ้าให้กับ Battery Charger แล้ว ซึ่งได้ค่าโหลดในแต่ละเฟสดังนี้

$$\text{- เฟส A} = 4,860 \text{ VA}$$

$$\text{- เฟส B} = 4,870 \text{ VA}$$

$$\text{- เฟส C} = 4,860 \text{ VA}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเมื่อรวมโหลด = 14,590 VA

ดังนั้น เครื่องปั่นไฟ (Generator) ที่ใช้ในระบบ คือขนาด 15 KW

3.6 การคำนวณกระแส short circuit ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบ

จากระบบไฟฟ้า 3-เฟส 500 MVA จ่ายไฟฟ้าในระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 22 KV หม้อแปลงขนาด 50KVA แบบ step down 22kv/460v/220v , %Z=4% , ค่าความสูญเสียในระบบ 700 W

สาย Main Feeder -ขนาด 240 mm²

สาย Feeder ขนาด 25 mm²

สายจ่ายไปยัง โหลด Panel 4 mm²

หาค่าอิมพีแดนซ์ของระบบไฟฟ้า

$$\begin{aligned} Z_{qt} &= \frac{cv_n^2}{s_{kq}} \times \frac{1}{I_r^2} \\ &= \left(\frac{1.1 \times 22^2}{500} \right) \times \left(\frac{0.46}{22} \right)^2 \\ &= 0.443 \text{ m}\Omega \\ X_{qt} &= 0.995 Z_{qt} \\ &= 0.44 \text{ m}\Omega \\ R_{qt} &= 0.1 X_{qt} \\ &= 0.044 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

หาค่าอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง

$$\begin{aligned} Z_T &= \frac{U_{kr}}{100\%} \times \frac{U_{ri}^2}{S_{ri}} \\ &= 169 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_T &= \sqrt{(169)^2 - (0.0592)^2} \\ &= \frac{4}{100} \times \frac{(0.46)^2}{0.05} \\ &= 0.0592 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากระแสลัดวงจรได้หม้อแปลงแบบสามเฟสสมดุล

$$R_T = \frac{P_{krT}}{3I_{rT}^2}$$

$$= \frac{0.7 \times 1000}{3 \left(\frac{50 \times 1000}{\sqrt{3} \times 460} \right)^2}$$

$$= 168 \text{ m}\Omega$$

$$Z_k = Z_{qt} + Z_T$$

$$= (0.044 + j0.44) + (0.059 + j168)$$

$$= 0.103 + j168.44 \text{ m}\Omega$$

$$= 168.44 \angle 89^\circ$$

$$i''_k = \frac{cU_n}{\sqrt{3}Z_k}$$

$$= \frac{(1.0 \times 460)}{(\sqrt{3} \times 168.44)}$$

$$= 1.586 \text{ kA}$$

หากระแสลัดวงจรที่ bus bar แบบสามเฟสสมดุล

เมื่อสายไฟฟ้าเป็นแบบ NYY

$$(4 \times 240 \text{ mm}^2)$$

ความยาวสาย 600 เมตร

ค่าอิมพีแดนซ์ของสาย $R=0.0918 \Omega/\text{km}$, ค่า $X=0.103 \Omega/\text{km}$

$$Z_{L1} = (600(0.0918 + j0.103))$$

$$= 55.08 + j61.8$$

$$= 82.78 \angle 48.2^\circ$$

$$Z_k = (Z_q + Z_T) + Z_{L1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 &= (0.103+j168.44)+(55.08+j61.8) \\
 &=55.183+j230.24 \\
 &= 236.76 \angle 76.52^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i''_k &= \frac{(1.0 \times 460)}{(\sqrt{3} \times 236.76)} \\
 &= 1.12 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

ทางเดิน 20 circuit ค่า impedance ของระบบอนาคต(55.183 + j230.24)

$$\text{BL-01} = 45 (8.8658 + j0.1548)$$

$$= 398.99 + j6.966$$

$$j + Z_k = (398.99 + j6.966) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 454.173 + j237.2$$

$$= 512.38 \angle 27.57^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 512.38}$$

$$= 0.51 \text{ kA}$$

$$\text{BL-02} = 60 (8.8658 + j0.1548)$$

$$= 531.99 + j9.288$$

$$j + Z_k = (531.99 + j9.288) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 587.17 + j239.53$$

$$= 634.14 \angle 22.19^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 634.14}$$

$$= 0.41 \text{ kA}$$

$$\text{BL-03} = 75(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 664.99 + j11.61$$

$$j + Z_k = (664.99 + j11.61) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 720.17 + j241.85$$

$$= 759.69 \angle 18.56^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 759.69}$$

$$= 0.34 \text{ kA}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BL-04 = 90(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 797.922 + j13.93$$

$$j + Z_k = (797.922 + j13.93) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 853.1 + j244.17$$

$$= 887.35 \angle 15.97^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 887.35}$$

$$= 0.299 \text{ kA}$$

$$BL-05 = 105(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 930.9 + j16.25$$

$$j + Z_k = (930.9 + j16.25) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 986.08 + j246.49$$

$$= 1016.42 \angle 14.03^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1016.42}$$

$$= 0.261 \text{ kA}$$

$$BL-06 = 120(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1063.89 + j18.57$$

$$j + Z_k = (1063.89 + j18.57) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1119.07 + j248.81$$

$$= 1146 \angle 12.53^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1146}$$

$$= 0.231 \text{ kA}$$

$$BL-07 = 135(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1196.88 + j20.89$$

$$j + Z_k = (1196.88 + j20.89) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1252.06 + j251.13$$

$$= 1276.99 \angle 11.34^\circ$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1276.99}$$

$$= 0.207 \text{ kA}$$

$$\text{BL-08} = 150(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1329.87 + j23.22$$

$$j + Z_k = (1329.87 + j23.22) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1385.05 + j253.46$$

$$= 1408.05 \angle 10.37^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1408.05}$$

$$= 0.188 \text{ kA}$$

$$\text{BL-09} = 165(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1462.85 + j25.54$$

$$j + Z_k = (1462.85 + j25.54) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1518.03 + j255.78$$

$$= 1539.42 \angle 9.56^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1539.42}$$

$$= 0.172 \text{ kA}$$

$$\text{BL-10} \text{ สายยาว 180 เมตร}$$

$$= 180(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1595.84 + j27.86$$

$$j + Z_k = (1595.84 + j27.86) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1650.72 + j258.1$$

$$= 1670 \angle 8.88^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1670}$$

$$= 0.159 \text{ kA}$$

$$\text{BL-11} = 195(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1728.83 + j30.18$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 j + Z_k &= (1728.83 + j30.18) + (55.183 + j230.24) \\
 &= 1784.01 + j260.42 \\
 &= 1802.9 \angle 8.3^\circ \\
 I''_k &= \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1802.9} \\
 &= 0.147 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

$$BL-12 = 105(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 930.9 + j16.25$$

$$j + Z_k = (930.9 + j16.25) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 986.08 + j246.49$$

$$= 1016.42 \angle 14.03^\circ$$

$$\begin{aligned}
 I''_k &= \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1016.42} \\
 &= 0.261 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

$$BL-13 = 120(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1063.89 + j18.57$$

$$j + Z_k = (1063.89 + j18.57) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1119.07 + j248.81$$

$$= 1146 \angle 12.53^\circ$$

$$\begin{aligned}
 I''_k &= \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1146} \\
 &= 0.231 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

$$BL-14 = 135(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1196.88 + j20.89$$

$$j + Z_k = (1196.88 + j20.89) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1252.06 + j251.13$$

$$= 1276.99 \angle 11.34^\circ$$

$$\begin{aligned}
 I''_k &= \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1276.99} \\
 &= 0.207 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BL-15 = 150(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1329.87 + j23.22$$

$$j + Z_k = (1329.87 + j23.22) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1385.05 + j253.46$$

$$= 1408.05$$

$$= \angle 10.37^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1408.05}$$

$$= 0.188 \text{ kA}$$

$$BL-16 = 165(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1462.85 + j25.54$$

$$j + Z_k = (1462.85 + j25.54) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1518.03 + j255.78$$

$$= 1539.42 \angle 9.56^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1539.42}$$

$$= 0.172 \text{ kA}$$

$$BL-17 \text{ สายยาว 180 เมตร}$$

$$= 180(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1595.84 + j27.86$$

$$j + Z_k = (1595.84 + j27.86) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1650.72 + j258.1$$

$$= 1670 \angle 8.88^\circ$$

$$I''_k = \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1670}$$

$$= 0.159 \text{ kA}$$

$$BL-18 = 195(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1728.83 + j30.18$$

$$j + Z_k = (1728.83 + j30.18) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1784.01 + j260.42$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 &= 1802.9 \angle 8.3^\circ \\
 I''_k &= \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1802.9} \\
 &= 0.147 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

$$BL-19 = 210(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1861.8 + j32.5$$

$$j + Z_k = (1861.8 + j32.5) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 1916.98 + j262.74$$

$$= 1934.9 \angle 7.8^\circ$$

$$\begin{aligned}
 I''_k &= \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 1934.9} \\
 &= 0.137 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

$$BL-20 = 225(8.8658 + j0.1548)$$

$$= 1994.8 + j34.83$$

$$j + Z_k = (1994.8 + j34.83) + (55.183 + j230.24)$$

$$= 2049.98 + j265.07$$

$$= 2067.04 \angle 7.36^\circ$$

$$\begin{aligned}
 I''_k &= \frac{(1 \times 460)}{\sqrt{3} \times 2067.04} \\
 &= 0.128 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การคำนวณค่าแรงดันตก

แรงดันตก (Voltage Drop) ในสายไฟจะทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าลดลง เนื่องจากการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะมีความสามารถทำงานได้ที่แรงดันต่ำกว่าปกติที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นการออกแบบระบบไฟฟ้าไม่ให้เกิดแรงดันตกมากเกินไปเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึง ค่าแรงดันตกจึงกำหนดตามเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท โดยการกำหนดจะกำหนดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับแรงดันไฟฟ้าปกติ สำหรับระบบปกติค่าแรงดันตกปกติจากหม้อแปลงจนถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าไม่ควรเกิน 5% โดยสามารถหาค่าแรงดันตกได้ทั้งการคำนวณ การเปิดค่าจากชาร์ตและการเปิดตาราง

โดยในกรณีศึกษาจะมีการหาค่าแรงดันตก(Voltage Drop) จากตารางโดยที่จะใช้สมการในการคำนวณค่าแรงดันตกเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\%VD = \frac{(\%VD/A/100m) \times A \times L}{100}$$

โดยที่ (%VD/A/100m) เป็นค่าที่หาได้จากการเปิดตาราง ซึ่งการพิจารณาเลือกค่านั้นต้องพิจารณาถึงว่าสายไฟที่เลือกใช้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่าไร และเลือกเดินในท่อชนิดไหน ค่าที่ได้จาดตารางจะแสดงออกมาเป็น เปอร์เซ็นต์ของแรงดันตกต่อกระแสต่อ 100 เมตร

การหาค่าแรงดันตกจากกรณีศึกษา

1. สายวงจรแสงสว่างทางเดิน (BL)

วงจรย่อยที่ 1 (BL01- BL07)

- วงจรที่ 1 (BL-01) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 45 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²)

เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 45}{100} \\ &= 0.097\% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 2 (BL-02) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 60 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\%VD = \frac{0.8028 \times 0.27 \times 60}{100}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.13 \%$$

- วงจรที่ 3 (BL-03) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 75 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 75}{100} \\ &= 0.16 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 4 (BL-04) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 90 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 90}{100} \\ &= 0.195 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 5 (BL-05) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 105 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 105}{100} \\ &= 0.23 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 6 (BL-06) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 120 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 120}{100} \\ &= 0.26 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรที่ 7 (BL-07) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 135 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned}\%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 135}{100} \\ &= 0.29\%\end{aligned}$$

วงจรย่อยที่ 2 (BL08- BL14)

- วงจรที่ 8 (BL-08) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 150 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned}\%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 150}{100} \\ &= 0.32\%\end{aligned}$$

- วงจรที่ 9 (BL-09) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 165 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned}\%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 165}{100} \\ &= 0.36\%\end{aligned}$$

- วงจรที่ 10 (BL-10) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 180 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned}\%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 180}{100} \\ &= 0.39\%\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรที่ 11 (BL-11) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 195 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 195}{100} \\ &= 0.42 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 12 (BL-12) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 105 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 105}{100} \\ &= 0.23 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 13 (BL-13) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 120 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 120}{100} \\ &= 0.26 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 14 (BL-14) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 135 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 135}{100} \\ &= 0.29 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรร้อยที่ 3 (BL15- BL20)

- วงจรที่ 15 (BL-15) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 150 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 150}{100} \\ &= 0.33 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 16 (BL-16) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 165 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 165}{100} \\ &= 0.36 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 17 (BL-17) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 180 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 180}{100} \\ &= 0.39 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 18 (BL-18) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 195 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 195}{100} \\ &= 0.42 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรที่ 19 (BL-19) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 210 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 210}{100} \\ &= 0.46 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 20 (BL-20) กระแสโหลด 0.27 A/วงจร , ระยะสาย 225 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 0.27 \times 225}{100} \\ &= 0.49 \% \end{aligned}$$

2. สายวงจรไฟเต๋ารับ

วงจรรย่อยที่ 1 (O-01)

- วงจรที่ 1 (O-01) กระแสโหลด 4.54 A/วงจร , ระยะสาย 100 เมตร , สายไฟ(NYY 4 mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.4995 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.4995 \times 4.54 \times 100}{100} \\ &= 2.27 \% \end{aligned}$$

วงจรรย่อยที่ 2 (O-02)

- วงจรที่ 2 (O-02) กระแสโหลด 4.54 A/วงจร , ระยะสาย 100 เมตร , สายไฟ(NYY 4 mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.4995 % / A / 210m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.4995 \times 4.54 \times 210}{100} \\ &= 4.78 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สายวงจรแสงสว่างฉุกเฉิน (EBL)

วงจรย่อยที่ 1 (EBL -01)

- วงจรที่1 (EBL -01) กระแสไหลด 2.73 A/วงจร , ระยะสาย 180 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5 mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 2.73 \times 180}{100} \\ &= 3.9\% \end{aligned}$$

วงจรย่อยที่ 2 (EBL -02)

- วงจรที่2 (EBL -02) กระแสไหลด 2.73 A/วงจร , ระยะสาย 170 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5 mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 2.73 \times 170}{100} \\ &= 3.72\% \end{aligned}$$

4. สายวงจรแสงสว่างสำหรับใช้งาน (SL)

วงจรย่อยที่ 1 (SL01- SL02)

- วงจรที่1 (SL-01) กระแสไหลด 2.72 A/วงจร , ระยะสาย 30 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 2.72 \times 30}{100} \\ &= 0.65\% \end{aligned}$$

- วงจรที่2 (SL-02) กระแสไหลด 2.72 A/วงจร , ระยะสาย 70 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5mm²) เดินในท่ออลูมิเนียม

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\%VD = \frac{0.8028 \times 2.72 \times 70}{100}$$

$$= 1.73 \%$$

วงจรร้อยที่ 2 (SL03- SL05)

- วงจรที่ 3 (SL-03) กระแสโหลด 2.27 A/วงจร , ระยะสาย 70 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\%VD = \frac{0.8028 \times 2.27 \times 70}{100}$$

$$= 1.27 \%$$

- วงจรที่ 4 (SL-04) กระแสโหลด 1.36 A/วงจร , ระยะสาย 170 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\%VD = \frac{0.8028 \times 1.36 \times 170}{100}$$

$$= 1.85 \%$$

- วงจรที่ 5 (SL-05) กระแสโหลด 2.72 A/วงจร , ระยะสาย 130 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\%VD = \frac{0.8028 \times 2.72 \times 130}{100}$$

$$= 2.83 \%$$

วงจรร้อยที่ 3 (SL06- SL08)

- วงจรที่ 6 (SL-06) กระแสโหลด 1.36 A/วงจร , ระยะสาย 160 เมตร , สายไฟ (NYY 2.5mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 1.36 \times 160}{100} \\ &= 1.74 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 7 (SL-07) กระแสโหลด 1.36 A/วงจร , ระยะสาย 150 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5 mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 1.36 \times 150}{100} \\ &= 1.63 \% \end{aligned}$$

- วงจรที่ 8 (SL-08) กระแสโหลด 2.27 A/วงจร , ระยะสาย 120 เมตร , สายไฟ(NYY 2.5 mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.8028 % / A / 100m

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.8028 \times 2.72 \times 120}{100} \\ &= 2.62 \% \end{aligned}$$

วงจรร้อยที่ 4 (SL09)

- วงจรที่ 9 (SL-09) กระแสโหลด 5.45 A/วงจร , ระยะสาย 160 เมตร , สายไฟ(NYY 4 mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.4995 % / A / 100m จากสมการ()

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.4995 \times 4.09 \times 160}{100} \\ &= 3.26 \% \end{aligned}$$

วงจรร้อยที่ 5 (SL10)

- วงจรที่ 10 (SL-10) กระแสโหลด 4.77 A/วงจร , ระยะสาย 180 เมตร , สายไฟ(NYY 4 mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.4995 % / A / 100m จากสมการ()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.4995 \times 4.77 \times 180}{100} \\ &= 4.28 \% \end{aligned}$$

วงจรมัดที่ 6 (SL11)

- วงจรที่ 11 (SL-11) กระแสโหลด 4.36 A/วงจร , ระยะสาย 200 เมตร , สายไฟ(NYY 4 mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.4995 % / A / 100m จากสมการ()

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.4995 \times 4.36 \times 200}{100} \\ &= 4.35 \% \end{aligned}$$

วงจรมัดที่ 7 (SL12)

- วงจรที่ 12 (SL-12) กระแสโหลด 4.09 A/วงจร , ระยะสาย 220 เมตร , สายไฟ(NYY 4 mm²) เดินในท่อโลหะ

ค่า (%VD/A/100m) จากตารางเท่ากับ 0.4995 % / A / 100m จากสมการ()

$$\begin{aligned} \%VD &= \frac{0.4995 \times 4.09 \times 220}{100} \\ &= 4.49 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การคำนวณขนาดแบตเตอรี่

ในกรณีศึกษา ระบบแบตเตอรี่ใช้สำหรับการจ่ายให้หลอดที่เป็น แสงสว่างฉุกเฉิน ในส่วนที่เป็นทางเดิน ซึ่งในหลอดส่วนนี้เป็นหลอด ชนิด Compact Fluorescent (หลอดตะเกียบ) ขนาดกำลังไฟฟ้าต่อหลอดคือ 5 W จำนวนทั้งหมด 120 หลอด

โดยที่ หลอด ชนิด Compact Fluorescent 5 W จะดึงกระแสไฟฟ้า 0.05 A ต่อหลอด ดังนั้นกระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่หลอดส่วนนี้ใช้ เท่ากับ $0.05 \times 120 = 6 \text{ A}$

ขนาดแบตเตอรี่

จากมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (ว.ส.ท.) ได้แสดงพิกัดแบตเตอรี่ที่ต้องการตลอดอายุการใช้งาน ออกมาเป็นสมการคือ

$$Ah_{LIFE} = (I_Q \times T_Q) + (0.25 I_A)$$

โดย I_Q = ผลรวมของกระแสไฟฟ้าของหลอดในสถานะทำงานปกติ
(จ่ายหลอด โดยแบตเตอรี่)

T_Q = เวลา 24 ชั่วโมง

I_A = ผลรวมของกระแสไฟฟ้าของหลอดในสถานะแจ้งเหตุ

จากกรณีศึกษา $I_Q = 0 \text{ A}$, $I_A = 6 \text{ A}$ เมื่อแทนค่าในสมการแล้วจะได้ค่าของ Ah_{LIFE} ออกมา คือ

$$\begin{aligned} Ah_{LIFE} &= (0 \times 24) + (0.25 \times 6) \\ &= 1.5 \text{ A-Hr} \end{aligned}$$

ดังนั้นต้องเลือกแบตเตอรี่ ขนาดที่มากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 A-Hr

ขนาดเครื่องประจุ

การคำนวณหาขนาดเครื่องประจุ จากมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (ว.ส.ท.) ข้อ 8.2.3 ได้กำหนดไว้ว่า เครื่องประจุแบตเตอรี่ต้องสามารถประจุแบตเตอรี่ภายใน 24 ชั่วโมงเริ่มจากแบตเตอรี่ไฟหมด ให้แบตเตอรี่สามารถใช้งานได้นาน 5 ชั่วโมงในภาวะปกติ และอีก 15 นาทีในภาวะแจ้งเหตุ

จากข้อกำหนดดังกล่าวสามารถแสดงออกมาเป็นสมการในรูป แอมแปร์-ชั่วโมง คือ

$$A-Hr = \left(5 \times I_Q \right) + \left(0.25 \times I_A \right)$$

โดย I_Q = ผลรวมของกระแสไฟฟ้าของหลอดในสถานะทำงานปกติ
(จ่ายหลอด โดยแบตเตอรี่)

I_A = ผลรวมของกระแสไฟฟ้าของโหลดในสภาวะแจ้งเหตุ

$$A = \frac{A-Hr}{e \times 24} \quad : e=0.8$$

เมื่อได้ค่า แอมแปร์-ชั่วโมง ออกมาแล้วสามารถเปลี่ยนเป็น แอมแปร์ ได้โดยสมการ

e = ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

จากกรณีศึกษา สามารถหาค่าของ แอมแปร์-ชั่วโมง โดยแทนค่า $I_0 = 0 \text{ A}$, $I_A = 6 \text{ A}$ ใน

$$A-Hr = (5 \times 0) + (0.25 \times 6)$$

สมการหาค่า แอมแปร์-ชั่วโมง

$$= 1.25 \text{ แอมแปร์-ชั่วโมง}$$

สามารถหาค่า แอมแปร์ โดยแทนค่า แอมแปร์-ชั่วโมง ลงในสมการหาค่ากระแสที่เครื่องประจุใช้ (แอมแปร์)

$$A = \frac{1.25}{0.8 \times 24} \quad : e=0.8$$

$$= 0.065 \text{ แอมแปร์}$$

กระแสที่เครื่องประจุใช้ คือ 0.065 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การควบคุมระบบไฟฟ้าโดยการเขียนโปรแกรมควบคุม AllLight

4.1 พื้นฐานเกี่ยวกับระบบ AILLIGHT

ระบบ All LIGHT เป็นระบบควบคุมการเปิด/ปิด วงจรไฟฟ้าที่จ่ายกระแสไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยชุดควบคุม All LIGHT จะควบคุมการเปิด/ปิด ในลักษณะของ Network Switch หมายถึง อุปกรณ์ All LIGHT นี้จะแบ่งออกชุดควบคุม (All LIGHT Box) ใน 1 ชุดควบคุมจะประกอบด้วย Switch 8 ตัว หรือเรียกว่า 8 channel ที่เรียกว่า Network Switch เพราะชุดควบคุมแต่ละชุดสามารถเชื่อมโยงต่อกันได้เป็นเครือข่าย โดยแต่ละกล่องจะมี ID ของกล่อง และเชื่อมต่อชุดควบคุมด้วยสายโทรศัพท์ แต่ละชุดควบคุมสามารถทำการควบคุมข้าม ไปยังอีกฝั่งหนึ่งได้ในลักษณะของ Network จากเป็นควบคุมชุดเดียวกัน นอกจากนั้นยังสามารถทำการควบคุมได้หลายวิธีด้วยกันคือ การควบคุมจากแป้นควบคุม All LIGHT, การควบคุมจากคอมพิวเตอร์ การควบคุมจากรีโมท, การควบคุมจากโทรศัพท์, การควบคุมจากอุณหภูมิ, การควบคุมจากแสงสว่าง เป็นต้น

ส่วนประกอบสำคัญของระบบ AILLIGHT

1. กล่องควบคุม All LIGHT
2. แป้นควบคุม All LIGHT
3. สายสัญญาณโทรศัพท์ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของ AILLIGHT

กล่องควบคุม All LIGHT เป็นหัวใจของชุดควบคุม AILLIGHT ในส่วนของกล่องควบคุม AILLIGHT จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นแผงควบคุม All LIGHT เป็นแผงควบคุมการทำงานทั้งหมด มีหน้าที่ในการควบคุมการเปิด/ปิด, สื่อสาร, ข้อมูลระหว่างชุดควบคุม และอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ ของ AILLIGHT ให้สามารถทำงานได้ ส่วนที่สองเป็นส่วนของชุดรีเลย์ ทำหน้าที่เป็น Switch เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์ AILLIGHT โดยจะคอยรับสัญญาณจากการเปิด/ปิด จากการควบคุม ส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบควบคุม

แป้นควบคุม AILLIGHT มีลักษณะเป็นแป้น Switch ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของกล่องควบคุม AILLIGHT โดยลักษณะการทำงานจะเป็นแบบ Switch แบบ Toggle Switch แป้นควบคุม AILLIGHT จะมีหลายชนิด เช่น แป้นควบคุม AILLIGHT แบบใช้กับ 1 กล่อง, แป้นควบคุม AILLIGHT หรือ แป้นควบคุมแบบตั้งเวลาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

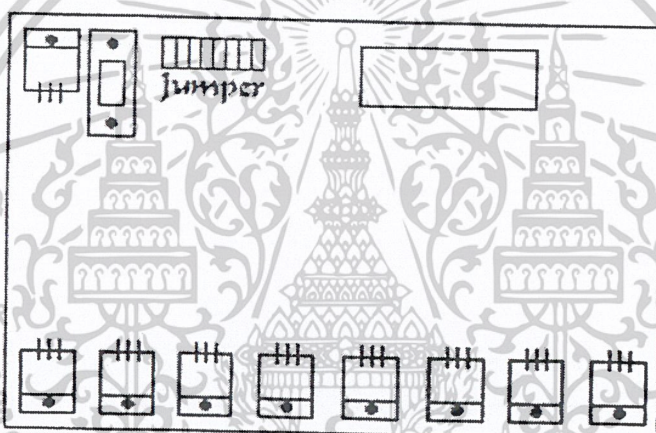
สายสัญญาณโทรศัพท์ ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของ All LIGHT เข้าด้วยกัน เพื่อสื่อสารข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงานในรูปแบบของ Network Switch

4.2 การเชื่อมต่อชุดควบคุม AllLIGHT ในลักษณะของ Network Switch

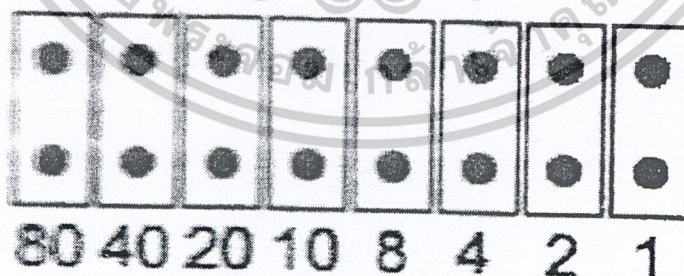
ชุดควบคุม All LIGHT สามารถต่อกันเป็น Network ได้เพื่อขยายการทำงานให้สามารถต่อกันได้ 256 จุด (channel) หรือ 32 ชุด(กล่อง) ควบคุมต่อ 1Network ดังนั้นแต่ละกล่องจะต้องมีหมายเลขของกล่อง(Box ID) เพื่อใช้ในการควบคุมในแต่ละชุดการควบคุมการตั้ง ID ของกล่องจะต้องไม่ซ้ำกัน หากตั้งซ้ำกันจะทำให้ระบบทำงานผิดพลาดได้

วิธีการตั้ง ID ของกล่องควบคุม

การตั้ง ID ของกล่องควบคุม All LIGHT สามารถตั้ง ID ได้ ตั้งแต่หมายเลข 1 ถึง 99



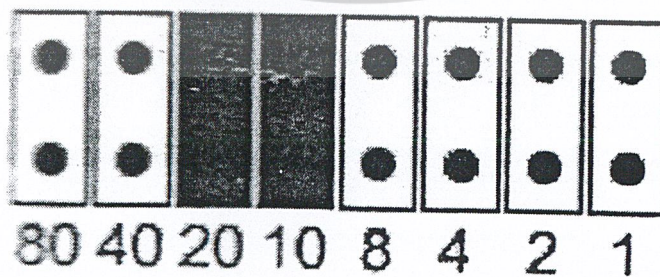
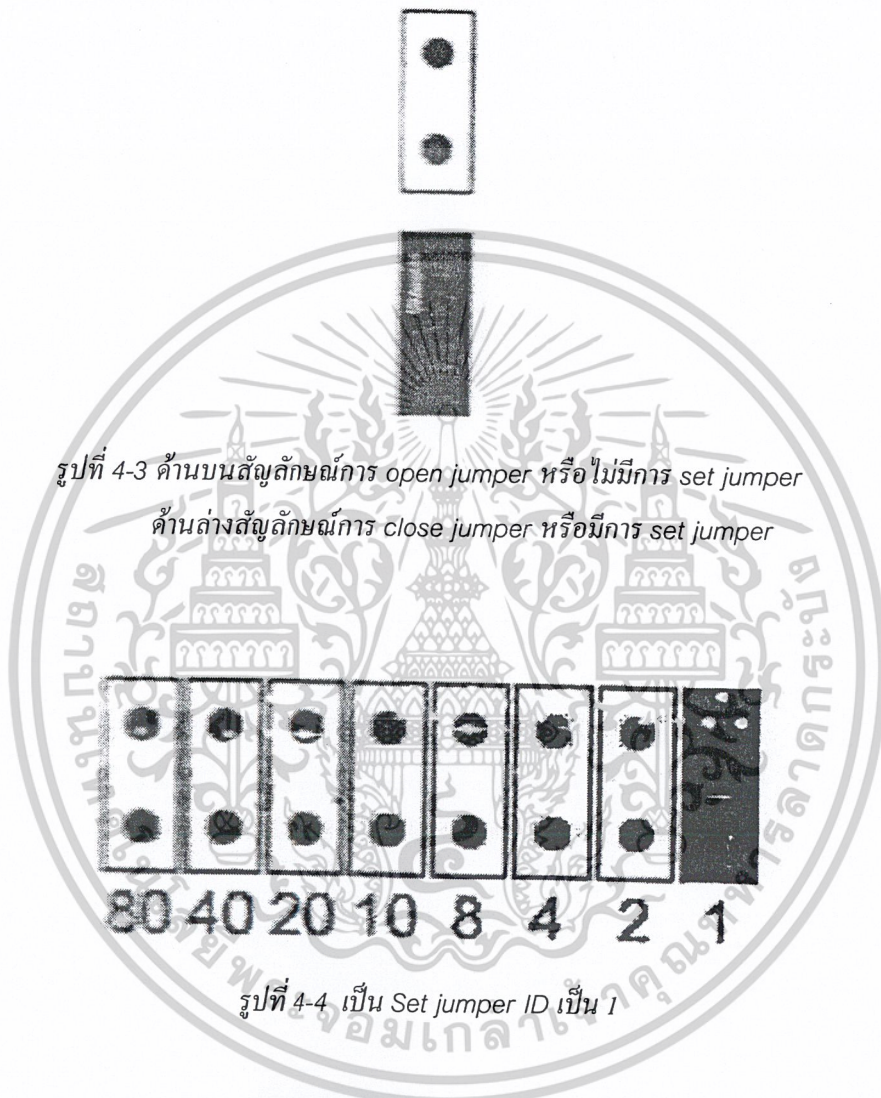
รูปที่ 4-1 ตำแหน่ง JUMPER



รูปที่ 4-2 ค่าตำแหน่ง ของ JUMPER

จากตัวอย่างค่าตำแหน่งของรูปข้างบนเป็นรูป Jumper ที่ใช้ในการ Set ID ของกล่องควบคุม AllLIGHT สัญลักษณ์การ Set Jumper ID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 เป็นการ set jumper ID เป็น $2+8+20=30$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 รูปแบบคำสั่ง ALLIGHT Protocol

คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานด้วย computer ของ ALLIGHT BOX นั้นเป็นชุดอักษรจำนวน 11 ตัว โดยในการส่งคำสั่งแต่ละครั้งจะส่งเรียงเป็นชุดออกไปทาง Serial Port รูปแบบของคำสั่งจะมีลักษณะดังนี้

ตารางที่ 4-1 รูปแบบ Out Put Data

SYNC	SID1	SID2	DID1	DID2	CMD1	CMD2	LG 1	LG 2	CRC	END
EA	Source ID	Source ID	Destin- ation ID	Destin- ation ID	Command	Command	LG	LG	CRC	EB

Out put Data

ข้อมูลชุดคำสั่งที่ส่งออกทาง Serial Port จะประกอบด้วย ข้อมูลจำนวน 11 Byte ประกอบด้วย SYNC เป็น Start Byte ของข้อมูลคำสั่ง ALLIGHT เป็น 'EA' เสมอ

SID1 , **SID2** เป็นหมายเลขกล่องที่มีการส่งข้อมูลเข้ามาที่คอมพิวเตอร์ ในการส่งข้อมูลออกไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูลออกก็ได้

DID1, DID2 เป็นหมายเลขกล่อง ALLIGHT ปลายทางที่เราต้องการให้กล่องนั้นทำงาน (ID ของกล่อง) ID นี้เป็นเลขฐาน 16 โดย DID2 เป็น lo-byte ค่าสูงสุดของแต่ละ byte คือ 'FFH' ส่วน DID1 เป็น hi - byte ใช้ในกรณีที่ lo- byte เกิน 'FFH' เช่นค่า Box ID ของ ALLIGHT เป็น 256 ในเลขฐาน 10 เท่ากับ '100H' ฐาน 16 ค่าของ lo- byte จะเป็น '00H' และ hi- byte จะเป็น '01H'

CMD1, CMD2 หรือ Command เป็นชุดคำสั่งที่ส่งไปยัง หมายเลขกล่อง ALLIGHT ปลายทางว่าจะให้กล่อง ALLIGHT ปลายทางนั้นทำงานอะไรคำสั่งจะอยู่ในรูปเลขฐาน 16 เช่น

CMD1	CMD2	การทำงาน
55H	90H	กลับไปยังกล่อง LOCAL BOX
AAH	0DH	เปิดทุกกล่องและทุก Channel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LG1, LG2 ค่าของ Channel ที่ทำงานเช่น

LG1	LG2	ฐาน10	ฐาน16	การคำนวณ	CHANNEL ที่ทำงาน
00H	80H	128	80H	80H	8
00H	83H	131	83H	80H+2H+1H	8,2,1
00H	E0H	224	E0H	80H+40H+20H	8,7,6
00H	56H	86	56H	40H+10H+4H+2H	7,5,3,2

CRC เป็น byte ที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่ง โดยชุดคำสั่งจะมี 2 แบบคือ keypad Protocol และ PC Protocol หากเป็น keypad Protocol จำเป็นต้องมี **CRC byte** ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แต่ถ้าเป็น PC Protocol ไม่จำเป็นต้องมี CRC ก็ได้ หรือคำนวณก็ได้(หากไม่คำนวณให้ใส่ค่า CRC เป็น 'AAH')

END Stop byte ใช้สำหรับปิดท้ายชุดคำสั่ง เป็น 'E8'เสมอ

ตารางที่ 4-2 รูปแบบ Input Data

sync	SOR1	SOR2	DES1	DES2	DEV	CMD	INF1	INF2	CRC	END
EA	Source ID	Source ID	Destination ID	Destination ID	DEV	CMD	Information	Information	CRC	E8

หลังจากที่ส่งข้อมูลออกจาก Serial Port แล้ว Computer Control จะตรวจสอบความถูกต้องของคำสั่งที่ส่ง หากถูกต้องคำสั่งจะถูกส่งไปยัง ALLLIGHT Box ทำงานเสร็จแล้ว จะส่งผลการทำงานกลับมายัง Computer ทาง Serial Port เป็น Input Data สามารถนำค่า Input Data นี้มาใช้ในการแสดงผลการทำงานของ ALLLIGHT BOX ว่าถูกต้องตรงกับคำสั่งที่ส่งออกไปให้ ALLLIGHT BOX หรือไม่ รูปแบบของคำสั่ง Input Data นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Out put Data

- SYNC เป็น Start Byte ของข้อมูลคำสั่ง ALLLIGHT เป็น 'EA' เสมอ
- Sid1, Sid2 เป็นหมายเลขกล่องที่ทำงานคำสั่ง(หมายเลข Box ID ที่ส่งค่า Input Data เข้ามายัง Computer) โดยหมายเลข Box ID จะอยู่รูปเลขฐาน 16 เช่น 15 H คือค่า Box ID 21 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Did1, Did2**เป็นหมายเลขกล่องที่ ALLIGHT Computer Control ต่ออยู่กับ ALLIGHT Computer Control ต่ออยู่กับ Box ID1ค่า **DES1**จะเท่ากับ 00H และค่า **DES2**จะเท่ากับ01H เป็นต้น
- **DEV**บอกถึงประเภทของ ALLIGHT Box ที่ส่งคำสั่งว่าเป็น Local Box หรือ Inter Box เช่นCCH เป็นค่าที่ส่งจากInter Box
- **CMD** คำรหัสคำสั่งส่งข้อมูลกลับ โดยปกติเป็น '07H'
- **INF1, INF2** สถานะ การทำงานของ ALLIGHT Box(INFORMATION)โดยจะบอกเป็น 2 สถานะคือ
 1. สถานะก่อนคำสั่งที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ จะบอกเป็นเลขผลรวมในระบบฐาน 16 ดูได้จาก INF1 byte
 2. สถานะหลังจากทำคำสั่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในรูปแบบของผลรวมในระบบเลขฐาน 16ดูได้จาก INF2 byte
- **CRC** เป็น byte ที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล input data
- **END** Stop byte ใช้สำหรับปิดท้ายชุดคำสั่ง เป็น 'E8'เสมอ

4.4 ALLIGHT Protocol Table

ALLIGHT Protocol จะมี 2แบบ คือ

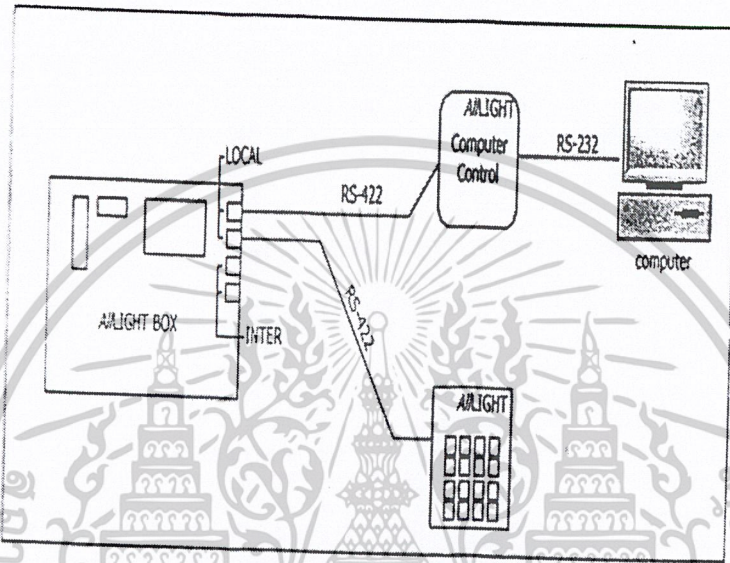
1. แบบคำสั่ง key pad protocol ที่มีรูปแบบคำสั่งเหมือนกับ protocol ของ keypad ALLIGHTในการส่งคำสั่ง key pad protocol จำเป็นต้องคำนวณค่า crc byte เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในการส่งข้อมูลระหว่างALLIGHT BOXและคอมพิวเตอร์โดยมีALLIGHT Computer Control เป็นตัวตรวจสอบ
2. แบบคำสั่ง pc protocol มีลักษณะพิเศษคือไม่จำเป็นต้องคำนวณค่า crc byte เพื่อความรวดเร็วในการส่งข้อมูลหากต้องการคำนวณ crc byte ก็สามารทำได้ แต่อาจเสียเวลาในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น รูปแบบของคำสั่งทั้ง 2ประเภทสามารถดูได้จากภาคผนวก

การควบคุมอุปกรณ์ All LIGHTจากคอมพิวเตอร์

การควบคุมอุปกรณ์All LIGHTจากคอมพิวเตอร์ นั้นจะต้องมีAll LIGHT Computer Controlเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดควบคุมของ All LIGHTโดยอุปกรณ์Computer Controlจะทำงานเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณคอมพิวเตอร์ ในแบบสัญญาณ RS-322Cเป็นสัญญาณRS-422ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ของAll LIGHT แต่ละอุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้ 1กิโลเมตร ภายใน I Network ภายในอุปกรณ์All LIGHT Computer Controlไม่ได้เป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณ RS-232c เป็น RS-422เพียงอย่างเดียวAll LIGHT Computer Control ยังทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งออกมาจากคอมพิวเตอร์ ว่าส่งออกมาถูกต้องหรือไม่ โดยในการส่งข้อมูลระหว่างกันจะมีการตรวจสอบรหัส CRC (รหัสที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลหากไม่ถูกต้องอุปกรณ์ All LIGHT Computer Control จะไม่ส่งข้อมูลที่ผิดพลาดนี้ไปยังกล่องควบคุม เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้

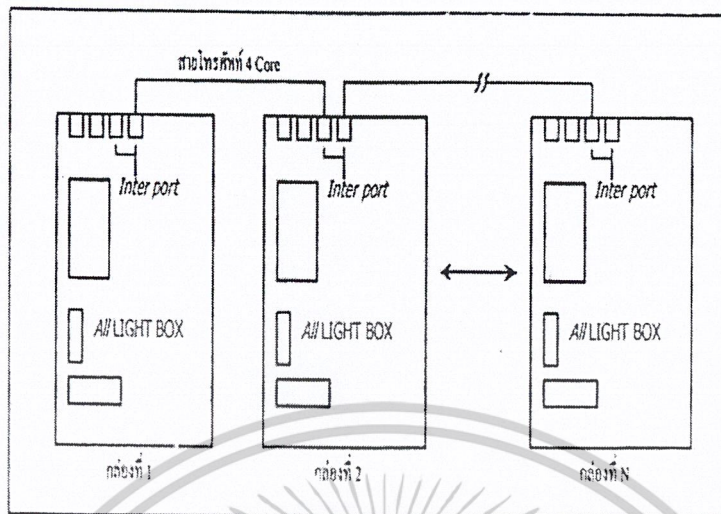


รูปที่ 4-6 การต่อ All LIGHT Computer Control เข้ากับ Port RS-232 (Serial Port)

จากรูปเป็นการติดตั้ง All LIGHT Computer Control โดยการต่อ All LIGHT Computer Control เข้ากับ Port RS-232 (Serial Port) ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ อาจจะเป็น COM1 หรือ COM2 ก็ได้ และอีกด้านหนึ่งจะเป็นหัวเสียบ RJ11 ให้ต่อโดยการต่อสายโทรศัพท์แบบ 4 Core จากช่อง RJ11 ของ All LIGHT Computer Control เข้ากับ Local Port ของ All LIGHT จะมี 2 ช่องจะต่อเข้ากับช่องที่ 1 หรือ ช่องที่ 2 ก็ได้

ช่องสัญญาณ Local Port ของ All LIGHT BOX นั้นจะมี 2 ช่อง ในการใช้งานจะเลือกใช้งานช่องสัญญาณใดก็ได้ ข้อมูลที่รับ-ส่งจะเหมือนกันทั้ง 2 ช่องสัญญาณ

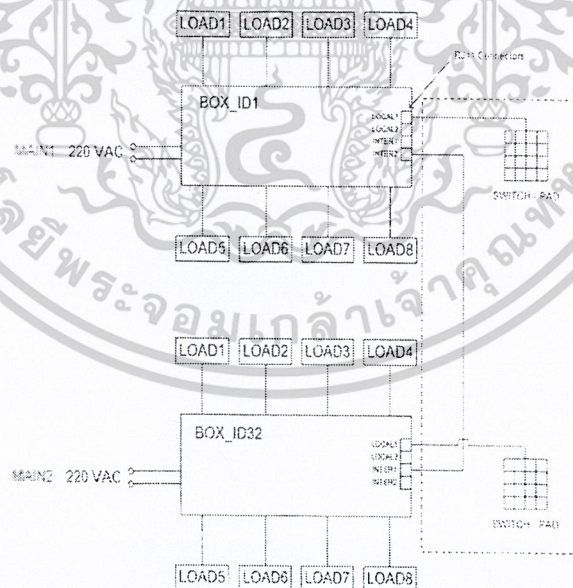
ช่องสัญญาณ Inter Port ของ All LIGHT BOX ก็จะมี 2 ช่องสัญญาณเหมือนกัน หากเป็นกล่องแรก จะใช้เพียงช่องสัญญาณเดียว เพื่อใช้เชื่อมต่อสัญญาณข้อมูลต่อไปยัง All LIGHT BOX กล่องอื่นดังรูป



รูปที่ 4-7 แสดงช่องสัญญาณ Inter Port ของ All LIGHT BOX

ในการติดตั้ง All LIGHT ตั้งแต่ 2 กล่องขึ้นไปจะต้องมีการ Set ID ของ All LIGHT ให้มี ID ประจำกล่องต้องไม่ซ้ำกัน หรือมี ID เหมือนกัน

4.6 การต่อ All LIGHT Controller ระหว่างกล่อง (Inter port)



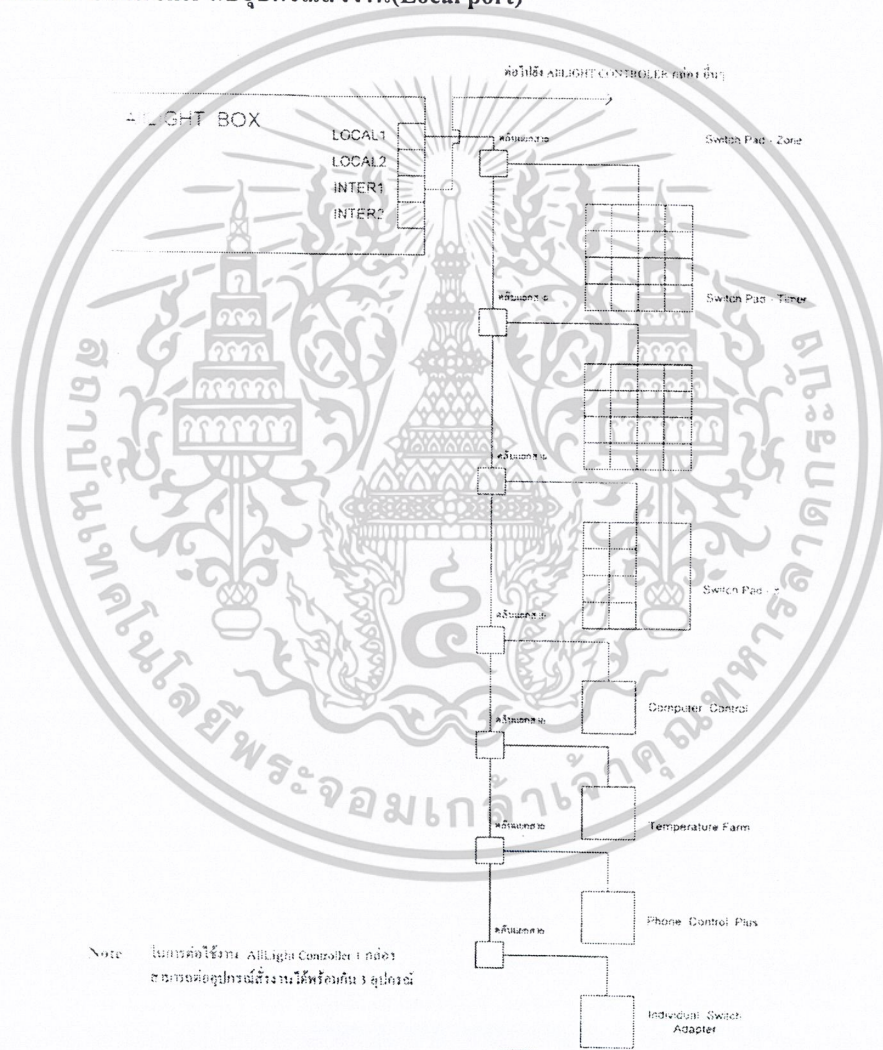
รูปที่ 4-8 การต่อ All LIGHT Controller ระหว่างกล่อง (Inter port)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTE

- 1.สายควบคุมที่อยู่ในกรอบเส้นประเป็นสายโทรศัพท์ แบบ 4 สาย ในชนิดแบน ส่วนสาย เมนที่เดินจากเมนเบรกเกอร์มายัง BOX ควบคุมและสายที่เดินจากBOXควบคุมไปยังโหนด ยังคงใช้สายไฟฟ้าปกติ
- 2.การคำนวณ โหลด ของ เมนเบรกเกอร์คำนวณได้จาก จำนวนวัตต์ของ โหลดทั้ง 8 โหนด ของ BOX นั้น รวมกันแล้วบวกด้วย 15 วัตต์
- 3.การเชื่อมต่อระหว่างกล่องจะต้องใช้เข็มเบอร์ หมายเลขกล่องโดยสามารถเช็คได้ตั้งแต่หมายเลข 1-99

การต่อ All LIGHT Controller กับอุปกรณ์สั่งงาน(Local port)



รูปที่ 4-9 การต่อ All LIGHT Controller กับอุปกรณ์สั่งงาน(Local port)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 บทนำการเขียนโปรแกรมควบคุม

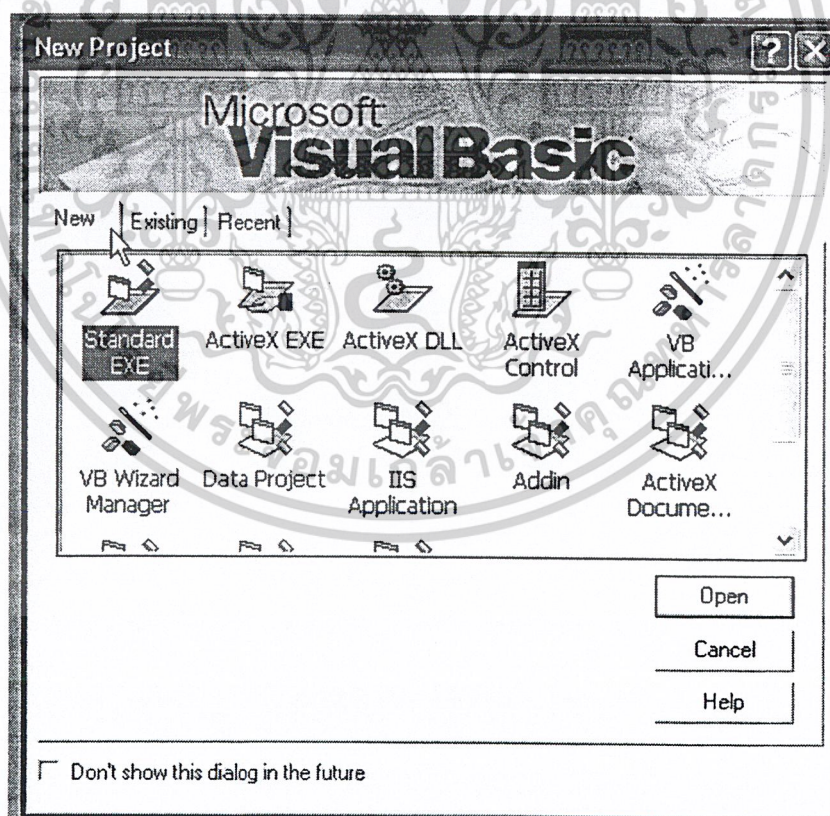
ปัจจุบันการเขียนโปรแกรมมีด้วยกันหลายภาษา เช่น ภาษา c ภาษา visual basic เป็นภาษาในการควบคุมติดต่อระหว่างอุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์และสั่งการให้ ฮาร์ดแวร์ทำงานตามที่เราสั่งการได้ แต่ในการควบคุมระบบไฟฟ้าในโครงการนี้ จะใช้ภาษา visual basic 6.0 ในการควบคุมการทำงาน เพราะเป็นภาษาที่เข้าใจง่ายและสามารถใช้งานบน window และสามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลอื่นได้ Microsoft Visual Basic 6.0 ที่จะใช้งานกับการพัฒนาโปรแกรมควบคุม All LIGHT Box จะเป็นเวอร์ชัน Professional Edition หรือ Enterprise Edition ก็ได้

เพราะฉะนั้นเมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติของตัวโปรแกรมแล้ว ภาษา visual basic 6.0 จึงเป็นภาษาที่เหมาะสมและสะดวกในการใช้งานมากที่สุด

4.8 เริ่มต้นการเขียนโปรแกรมระบบ ALL LIGHT ด้วย Visual Basic

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมด้วย Microsoft Visual Basic 6.0 เพื่อควบคุม ALL LIGHT มีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0

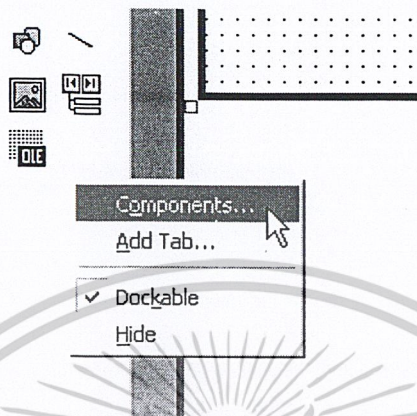


รูปที่ 4-10 หน้าต่างตอนเปิดโปรแกรม

เลือกเป็นแบบ Project แบบ Standard.exe จะมี Form 1 ปรากฏขึ้น 1 Form

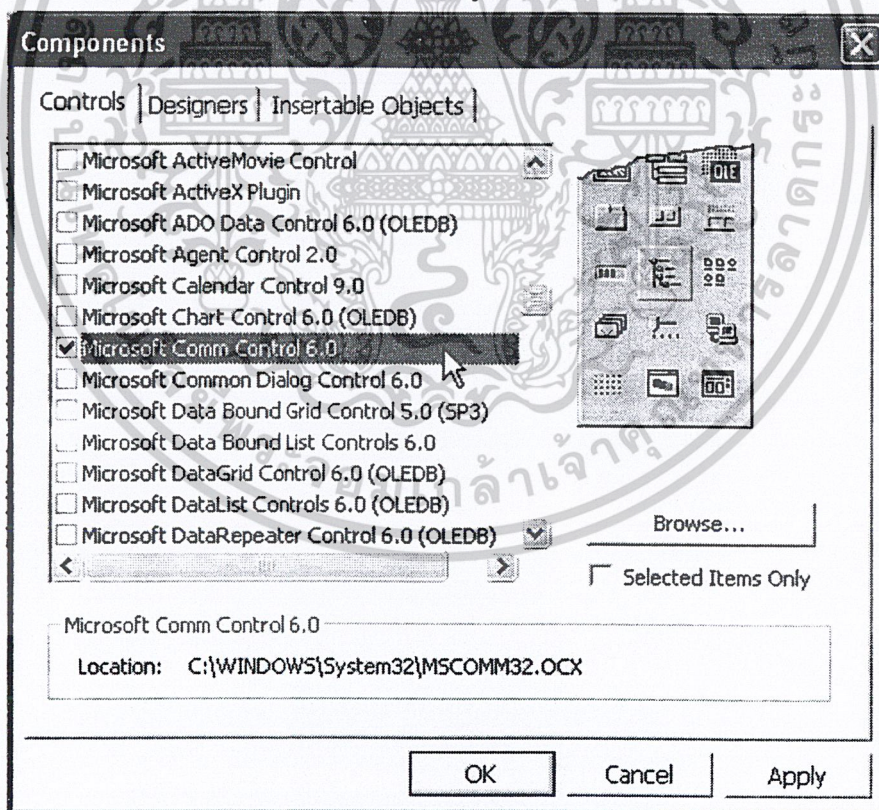
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จากนั้นไปที่แถบเครื่องมือของ Microsoft Visual Basic คลิกขวาที่แถบเครื่องมือ จะมีเมนูปรากฏขึ้น ให้เลือกที่ Component



รูปที่ 4-11 แถบเครื่องมือ Microsoft Visual Basic

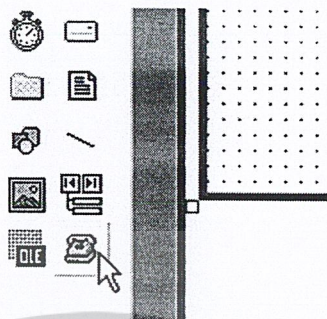
3. หน้าจอ Component จะปรากฏขึ้นทำเครื่องหมายถูกที่ Microsoft Comm Control 6.0 แล้วกด "OK"



รูปที่ 4-12 แสดงหน้าจอ Component

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

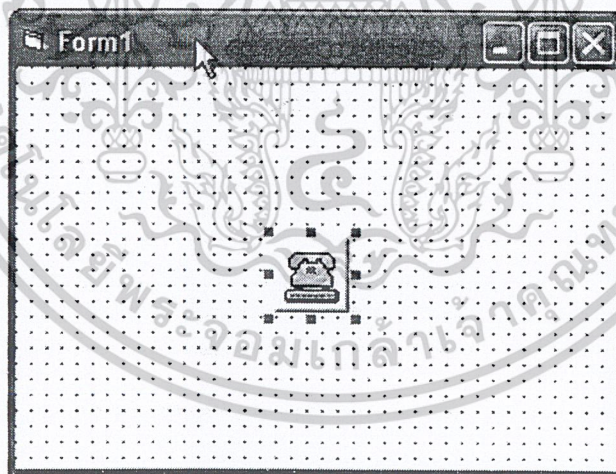
4. ที่แถบเครื่องมือของ Microsoft Visual Basic ดังเหตุที่ Icon ของเครื่องมือจะมี เพิ่มขึ้นมา 1 Icon



รูปที่ 4-13 แถบเครื่องมือของ Microsoft Visual Basic

Icon ที่เพิ่มขึ้นมา คือ Microsoft Comm Control 6.0

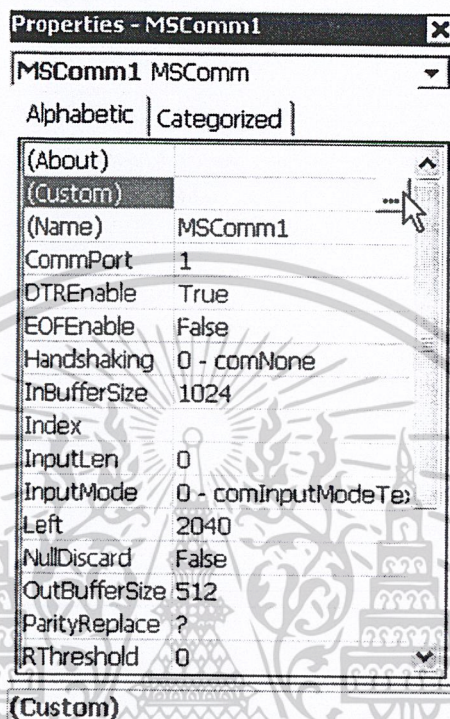
5. ให้คลิก 2 ครั้ง ที่ Icon Microsoft Comm Control 6.0 แล้ว Icon Microsoft Comm Control 6.0 จะถูกเพิ่มเข้าไปที่ Form ที่กำลังใช้งานอยู่ icon ของ Microsoft Comm Control จะไม่ปรากฏให้เห็น ขณะ run โปรแกรม



รูปที่ 4-14 แสดง Form ที่กำลังใช้งานอยู่ icon ของ Microsoft Comm Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

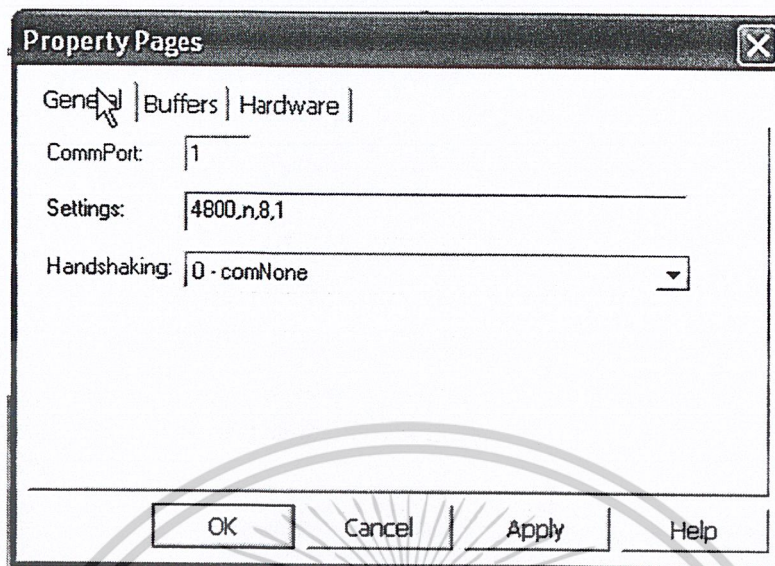
6. แล้วคลิกที่ Icon Microsoft Comm Control บน Form เลือกจากนั้นกด F4 เพื่อเข้าหน้าจอกำหนดคุณสมบัติของ Microsoft Comm Control ดังรูป



รูปที่ 4-15 แสดงหน้าจอกำหนดคุณสมบัติ

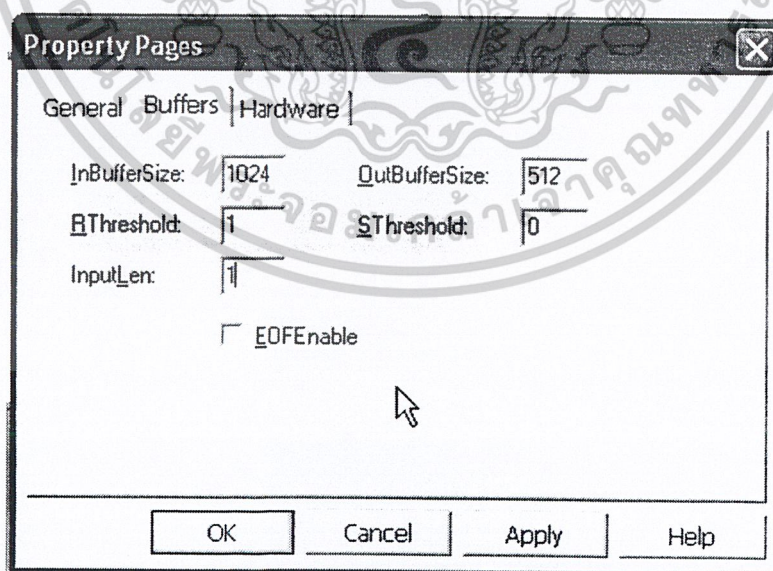
ให้เลือกที่แถบ Custom และคลิก ที่ปุ่มเครื่องหมาย ทางด้านขวา

7. แล้วจะมีหน้าจอ Properties เกิดขึ้นอีกหนึ่งหน้าจอประกอบด้วย 3 แถบที่แถบ General ในช่อง Comport สามารถเลือกได้ว่า ต้องการต่อ ALL LIGHT Computer Control ผ่าน Serial Port ช่อง 1 หรือ 2 ส่วนในช่อง Setting ให้เปลี่ยนค่าจาก 9600,n,8,1 เป็น 4800,n,8,1 หมายถึง ใช้ความเร็วในการส่งข้อมูลผ่าน Serial Port ที่ความเร็ว 4800 bit ต่อวินาที แบบไม่บิตตรวจสอบ จำนวนบิตข้อมูล 8 บิต และมี 1 Stop bit



รูปที่ 4-16 แสดงหน้าจอ Property

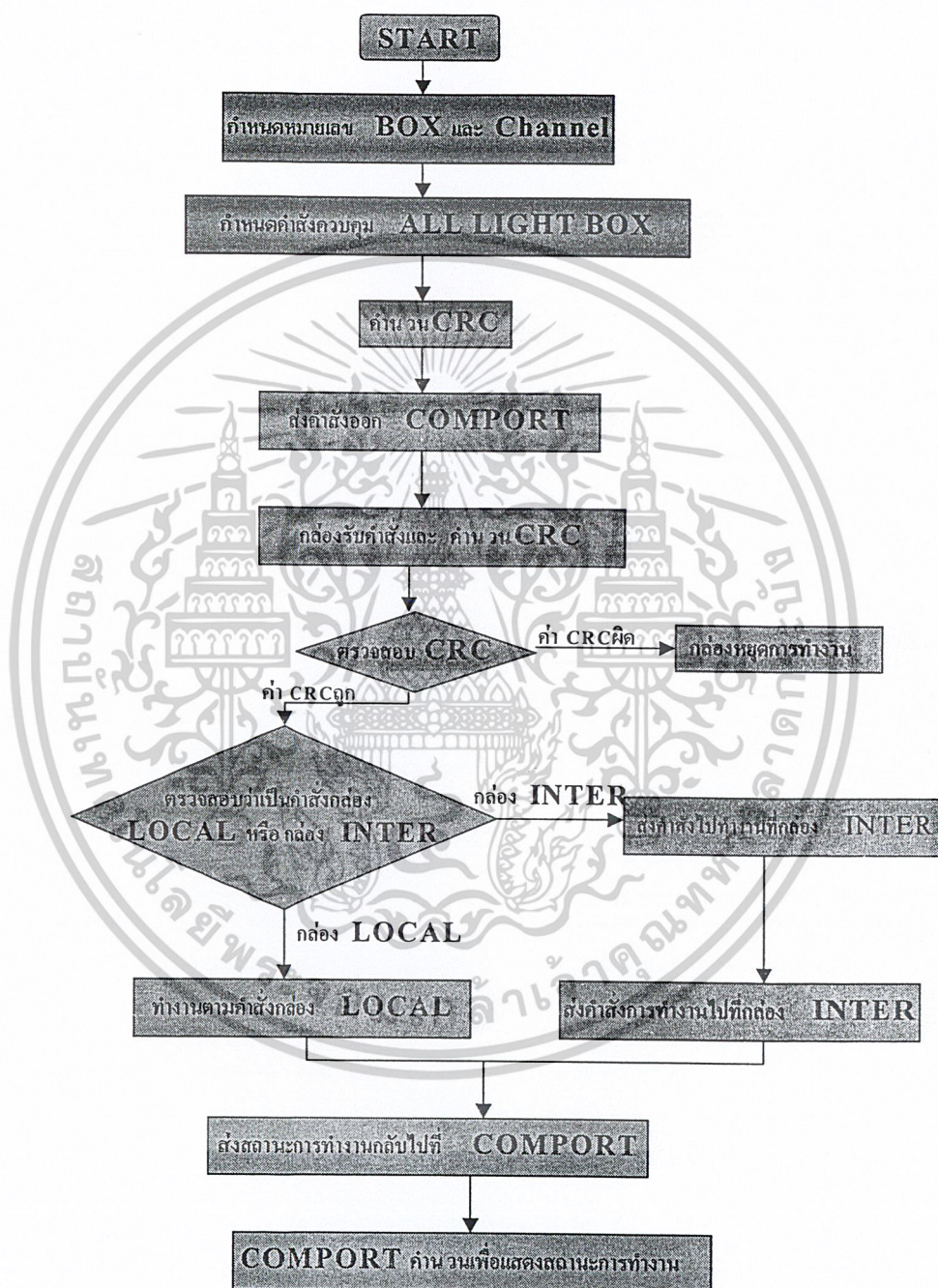
8. จากนั้นเลือกไปที่แถบ Buffers ให้เปลี่ยนค่า Rthreshold และ InputLen จาก 0 เป็น 1 ทั้งสองค่า Rthreshold หมายถึง ในระหว่างที่เปิด Serial Port จะมี Event จะมี Event เกิดขึ้นที่ Microsoft Comm Control โดยสามารถนำข้อมูลเข้าจะไม่สามารถรู้ได้ ต้องไปตรวจสอบข้อมูลที่ Buffer ของ Microsoft Comm Control เองจึงเกิดความผิดพลาดได้ ส่วนค่า InputLen คือ การกำหนดจำนวนข้อมูลเข้าเป็นทีละ 1 อักขร จึงสามารถตรวจสอบได้ที่ละตัวอักษรว่าเป็น Start หรือ Stop Bit หรือไม่



รูปที่ 4-17 แสดงการเปลี่ยนค่าที่แถบ Buffers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 Flow Chart ลำดับการทำงานของกล่องควบคุมระบบไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0



รูปที่ 4-18 แสดง Flow Chart การทำงาน โดย Visual Basic 6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

บทวิจารณ์และบทสรุป

ระบบควบคุมไฟฟ้าใน ถ้ำโดยใช้โปรแกรมควบคุม เป็นการนำความรู้ทางการออกแบบระบบไฟฟ้า และความรู้ทางด้านสถาปัตยกรรม ซึ่งการออกแบบระบบต่าง ๆ นั้น ได้อ้างอิงตามการออกแบบตามมาตรฐาน การติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย (ว.ส.ท.) เพื่อให้เป็นตามมาตรฐานมากที่สุด การออกแบบระบบไฟฟ้าใน ถ้ำนั้นนับได้ว่าเป็นโครงการที่ได้มีการนำร่องเป็นครั้งแรกในประเทศไทย ทำให้การออกแบบระบบไฟฟ้าตามทฤษฎีที่มีนั้น อาจไม่เป็นไปตามทฤษฎีที่มี เพราะเนื่องจาก ความไม่เหมาะสมทางสภาพแวดล้อมภายในถ้ำ เช่น การออกแบบแสงสว่าง ซึ่งหากการออกแบบแสงสว่าง ไม่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมภายในถ้ำจะเป็นการทำลายบรรยากาศ สิ่งมีชีวิต และระบบนิเวศน์ และการออกแบบระบบไฟฟ้านั้นได้ทำการออกแบบให้เหมาะสม กลมกลืนกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในถ้ำได้เป็นอย่างดี โดยได้นำความรู้ทางการออกแบบ ตกแต่งจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผศ. ชรินทร์ ทิพย์โยภาส ประกอบกับคำแนะนำต่าง ๆ จากนักนิเวศวิทยาในการรักษาสภาพแวดล้อม

ดังนั้นการออกแบบระบบไฟฟ้าใน โครงการนี้นับได้ว่าเป็นโครงการที่ได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายในการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จนถึงกระบวนการท้ายสุด คือ การดำเนินการนำไปใช้ติดตั้งจริง โครงการนี้นับว่าเป็นโครงการใหม่ที่ได้ริเริ่มทำการพัฒนาถ้ำอย่างจริงจัง ซึ่งอาจมีการปรับแก้ต่อไปให้ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต

บรรณานุกรม

- [1] กิตติ ภัคดีวัฒนนะกุล – จำลอง ครูอุตสาหกรรม : “Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์” , KTP Comp & Consult , สิงหาคม 2546
- [2] ผศ. ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ : “การออกแบบระบบไฟฟ้า(Electrical System Design)” , บริษัท ทีซีจีพรินติ้ง จำกัด , 2545
- [3] รศ. ศุภี บรรจงจิตร : “หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง ” , บริษัท ซีอีเคยูเคชั่น จำกัด(มหาชน) , 2540
- [4] คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า : “มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย” , สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ , กุมภาพันธ์ 2546



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โทร 0913.804/ 284

อุทยานแห่งชาติเอราวัณ
ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์
จังหวัดกาญจนบุรี 71250

22 มีนาคม 2547

เรื่อง ขอบขออนุญาตเข้าปฏิบัติงาน

เรียน อธิการบดีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตามที่คณะวิศวกรรมศาสตร์และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ โดย รศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา และ
ศ.ชนินทร์ ทิพย์ภาส รวมเป็นที่ปรึกษาโครงการปริญญาโทระดับปริญญาตรี เรื่อง “ระบบควบคุมไฟฟ้า
ในแหล่งท่องเที่ยว โดยใช้โปรแกรมควบคุม (Control of Electrical System in Tourism by Programming
Method)” โดยมีนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ดังต่อไปนี้

- 1. นายประเสริฐกิจ เชาว์ประมวณกุล รหัสประจำตัว 43010254
- 2. นายปรัชญา พรหมโต รหัสประจำตัว 43010257
- 3. นายวิศิษฐ์ หวังวิริยะพันธ์ รหัสประจำตัว 43010271
- 4. นายพรชัย ตีระนาถวิทยากุล รหัสประจำตัว 43010287

อุทยานแห่งชาติเอราวัณ มีความยินดีที่จะเรียนให้ท่านทราบว่าผลงานดังกล่าวได้รับเลือกให้
ทำโครงการก่อสร้างและติดตั้งจริงตามที่คณะทำงานได้เสนอมา ณ แหล่งท่องเที่ยวภายในอำเภอศรีสวัสดิ์อุทยานแห่งชาติ
เอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี โดยอุทยานแห่งชาติเอราวัณ ชักได้ดำเนินการโดยเร่งด่วนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอขออนุญาต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและคณะ
ทำงานในปริญญาโทเป็นอย่างสูง

ขอแสดงความนับถือ

(นายปรมินทร์ วงศ์สุวรรณ)

เจ้าหน้าที่บริหารงานป่าไม้ 7

ทำหน้าที่หัวหน้าอุทยานแห่งชาติเอราวัณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไปว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
โทร 0-3457-4222



ภาคผนวก ก.

การนำเสนอการออกแบบระบบไฟฟ้าและ
ระบบสื่อสารในถ้ำพระธาตุ ฦ. อุทยาน
แห่งชาติน้ำตกเอราวัณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL AND COMMUNICATION SYSTEMS IN PHRATAT CAVE (PROPOSAL)

- **BY KMITL PROJECT STUDENTS AND
ADVISORY STAFF**

(FACULTIES OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE)

OBJECTIVES

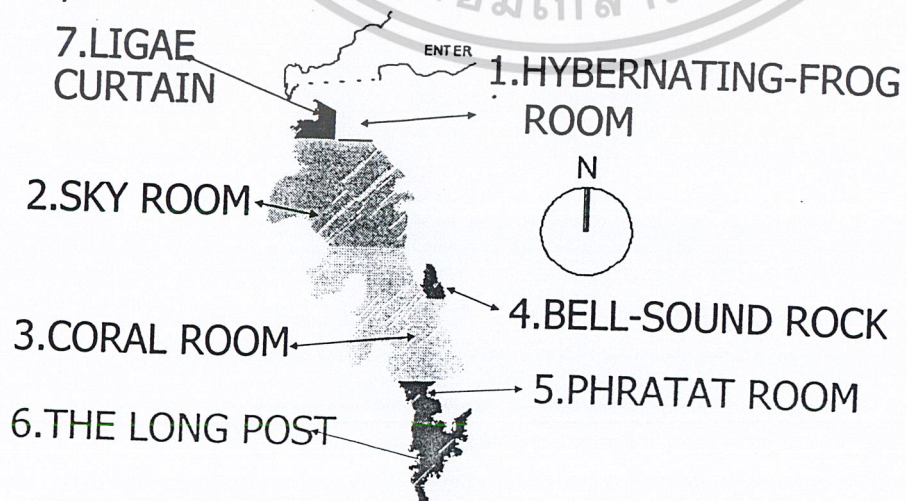
- 1. TO PROMOTE THAI TOURISM.
- 2. TO INTRODUCE THAI MODERN
TECHNOLOGY INTO THE CONTROLLING
OF ELECTRICAL AND COMMUNICATIONS
SYSTEMS WITH LOW INVESTMENT AND
MAINTENANCE COSTS.
- 3. TO INTRODUCE LOCALLY-RECYCLED NON-TOXIC
CONSTRUCTION MATERIALS FOR WALKWAYS.
- 4. TO BLEND TECHNOLOGY AND ECOLOGY TOGETHER IN A
FRIENDLY WAY.
- 5. TO PILOT THIS PROJECT FOR BETTER APPLICATIONS IN
THE FUTURE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

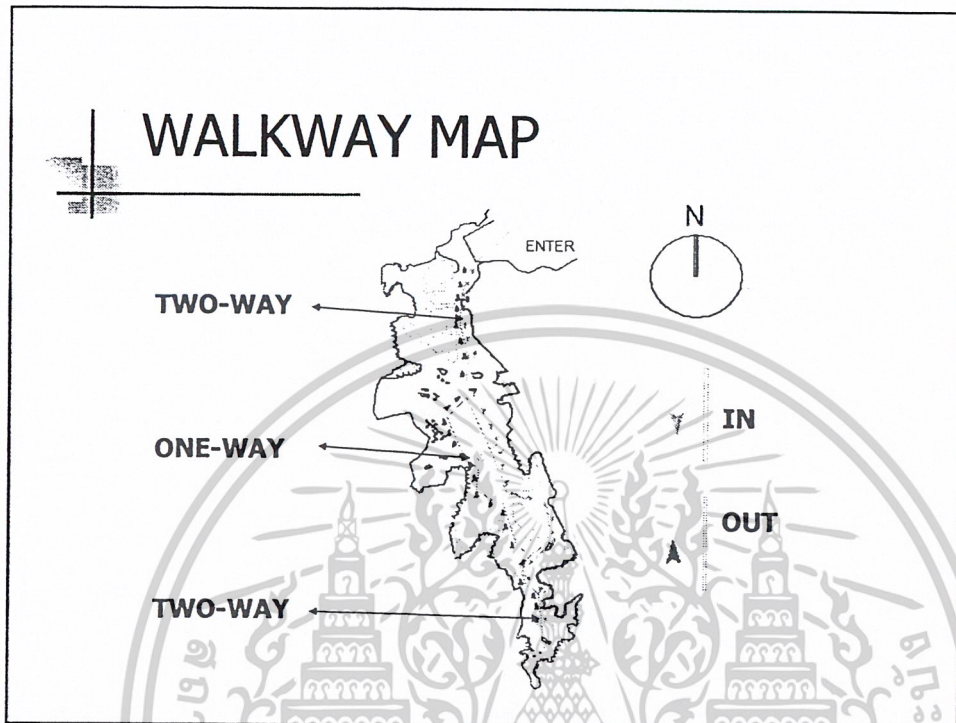
Illuminated caves in one foreign country



MAP OF PHRATAT CAVE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ATTRACTIONS

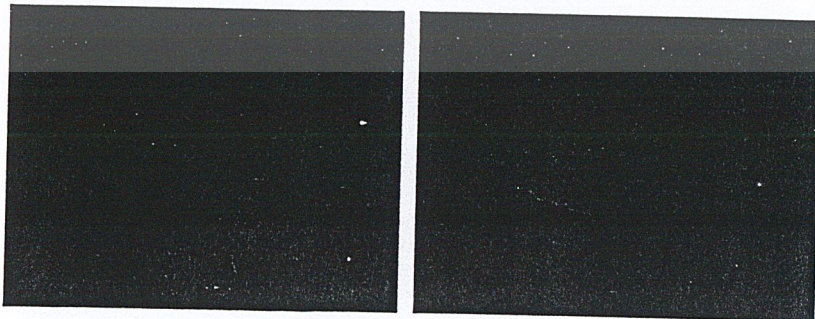
- HYBERNATING- FROG ROOM
- SKY ROOM
- CORAL ROOM
- BELL-SOUND ROCK
- PHRATAT ROOM
- THE LONG POST
- LIGAE CURTAIN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. HYBERNATING-FROG ROOM

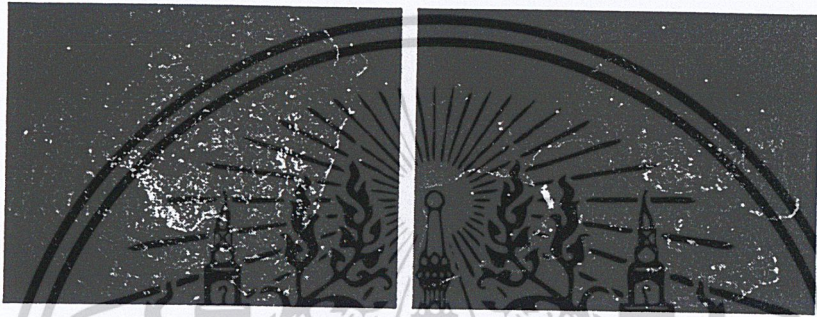


2. SKY ROOM

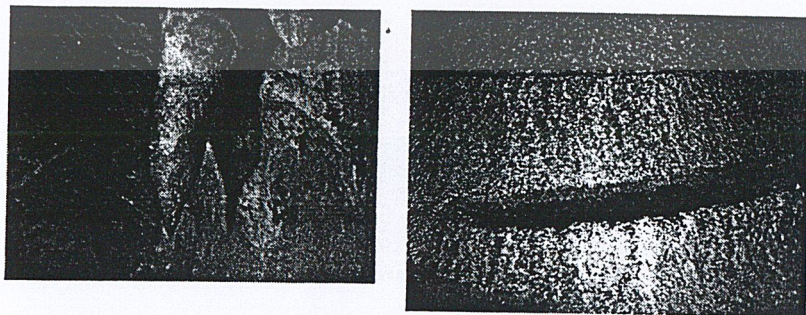


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. CORAL ROOM

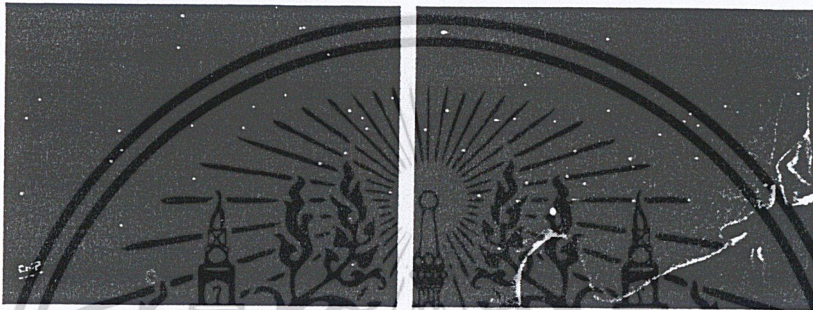


4. BELL-SOUND ROCK

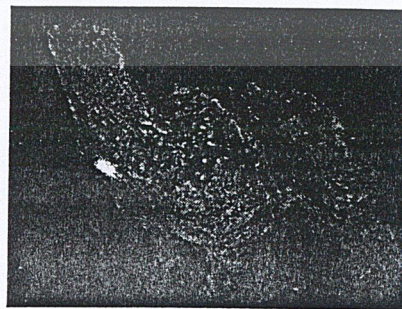
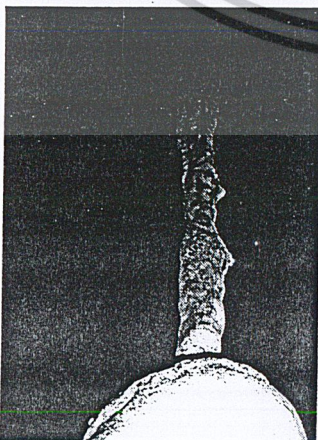


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. PHRATAT ROOM

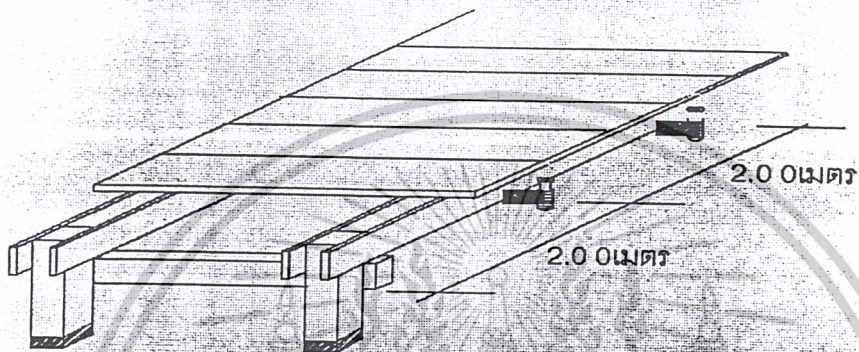


6. THE LONG POST



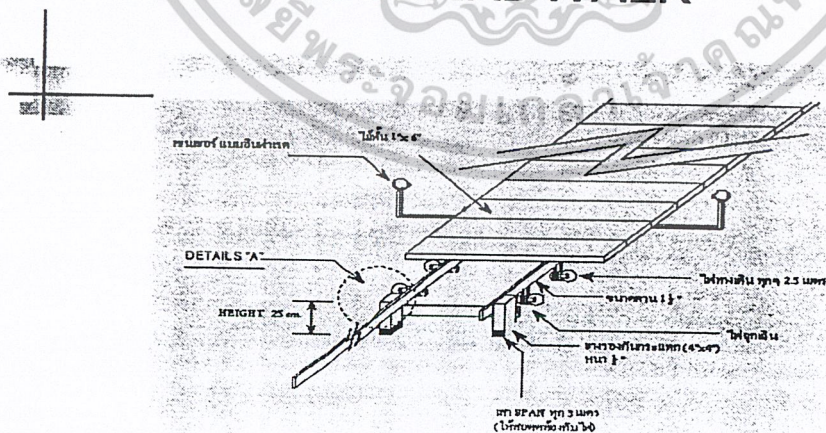
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BOARDWALKS AND ELECTRICAL WIREWAYS



- BOARDWALKS OF DURABLE, NON-TOXIC MATERIALS FROM DUSTWOOD, RECYCLED FOOD-CONTAINER PLASTIC, AND POLYETHELENE

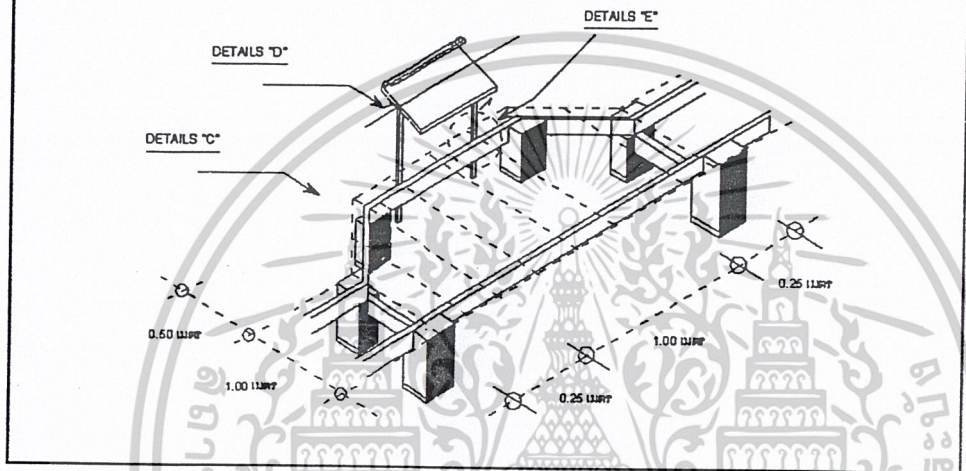
REGULAR BOARDWALK



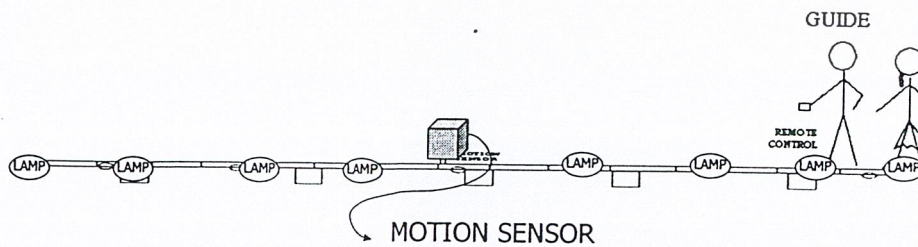
NOTE: CONSISTING OF 1 SET OF MOTION SENSOR AND 8X5W CFL's AT EVERY 20 METERS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BOARDWALKS AT AREAS OF TOURIST GATHERING

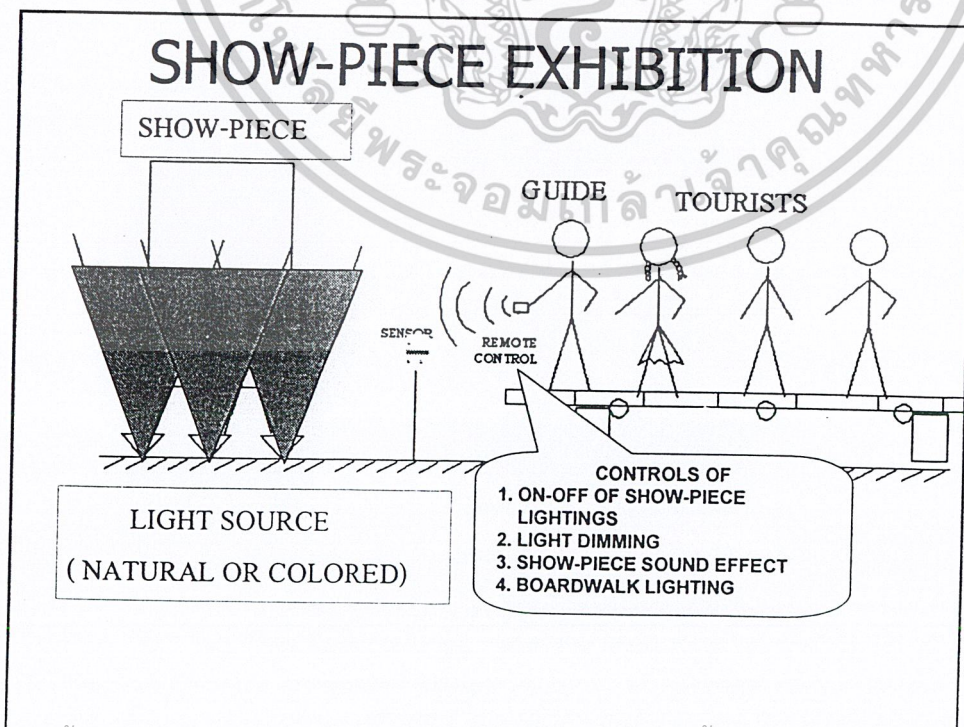
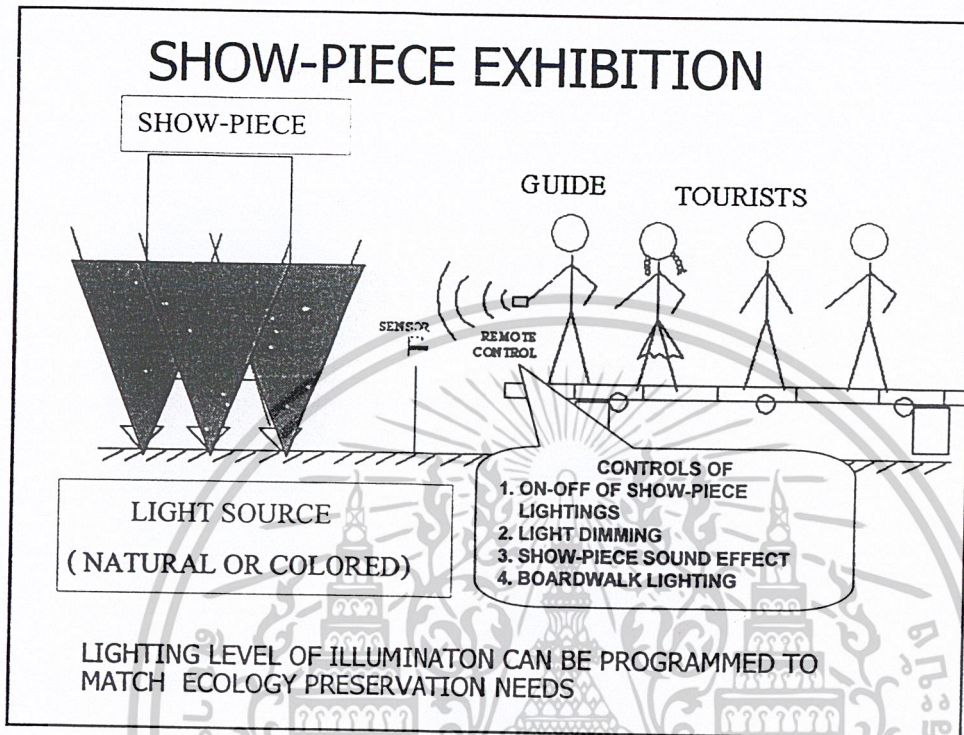


WALKWAY LIGHTING CONCEPT

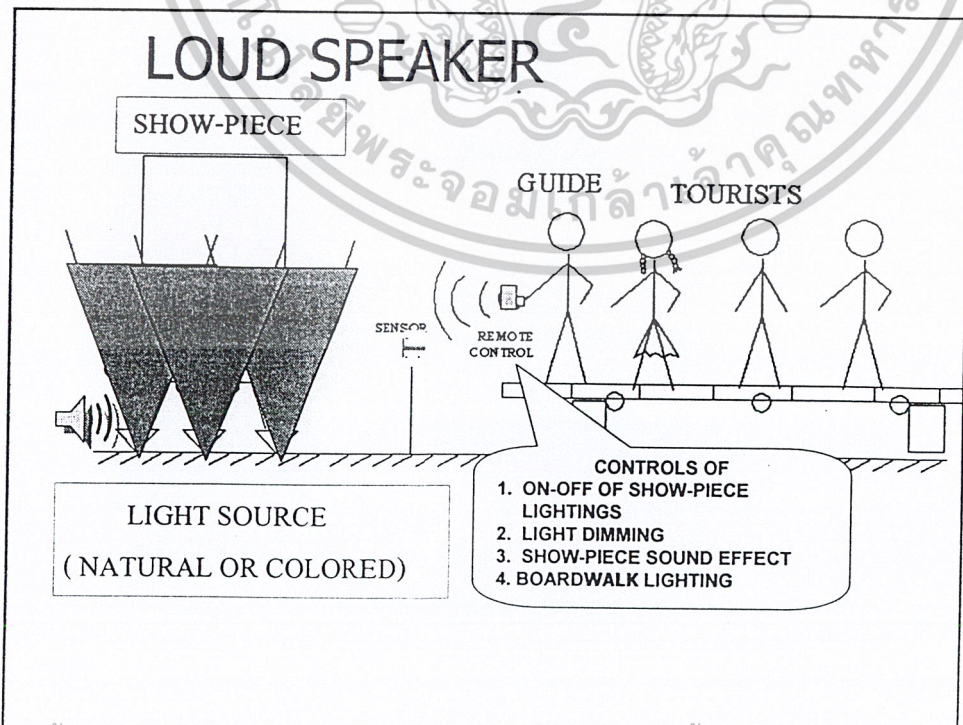
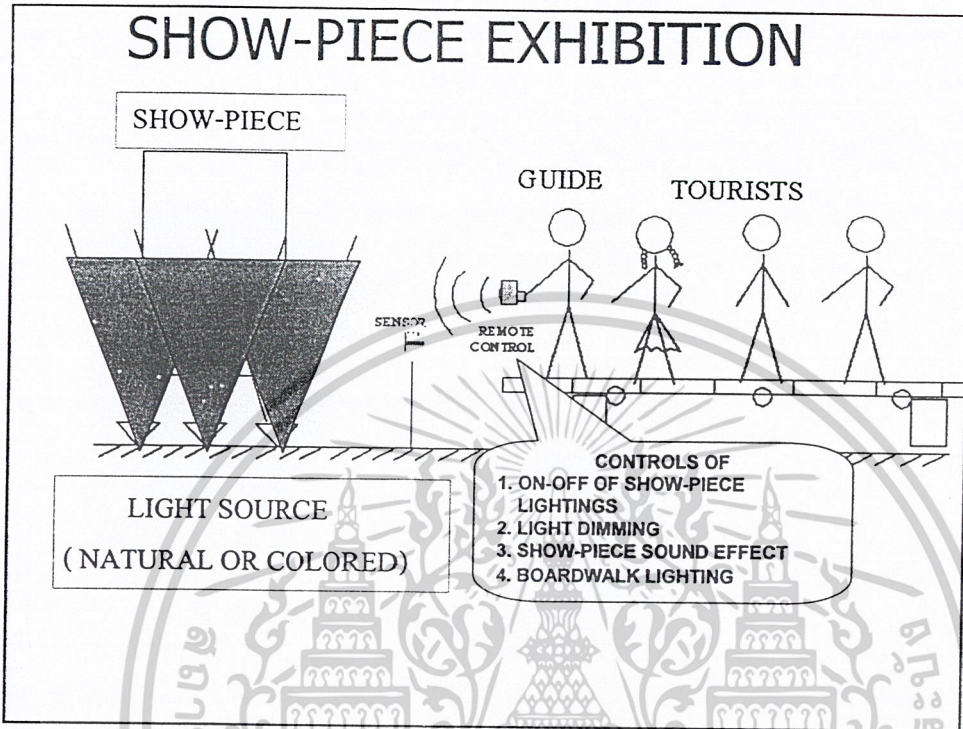


NOTE: CONSISTING OF 1 SET OF MOTION SENSOR AND 8X5W CFL's IN EVERY 20 METERS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

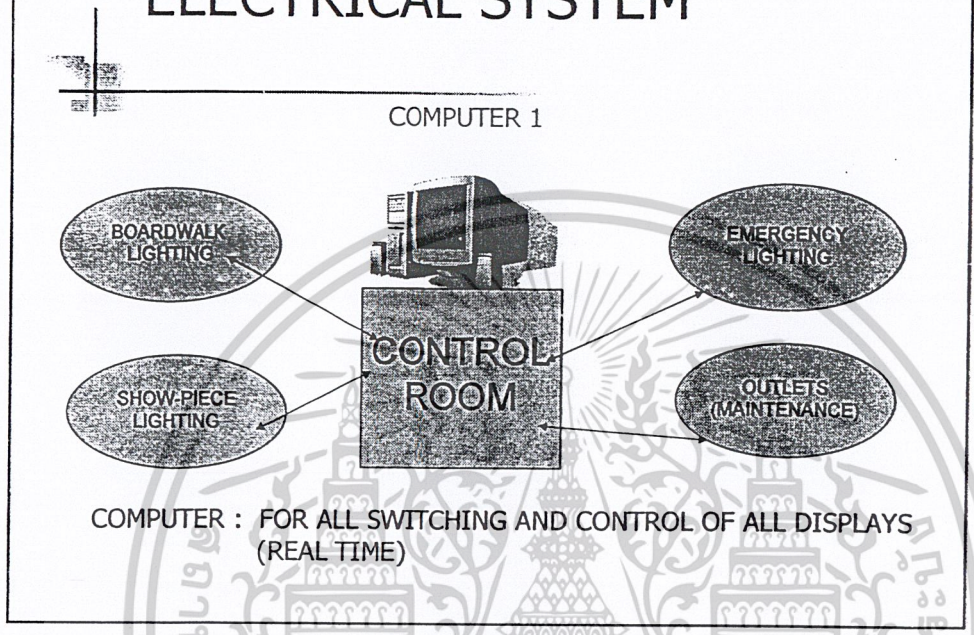


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

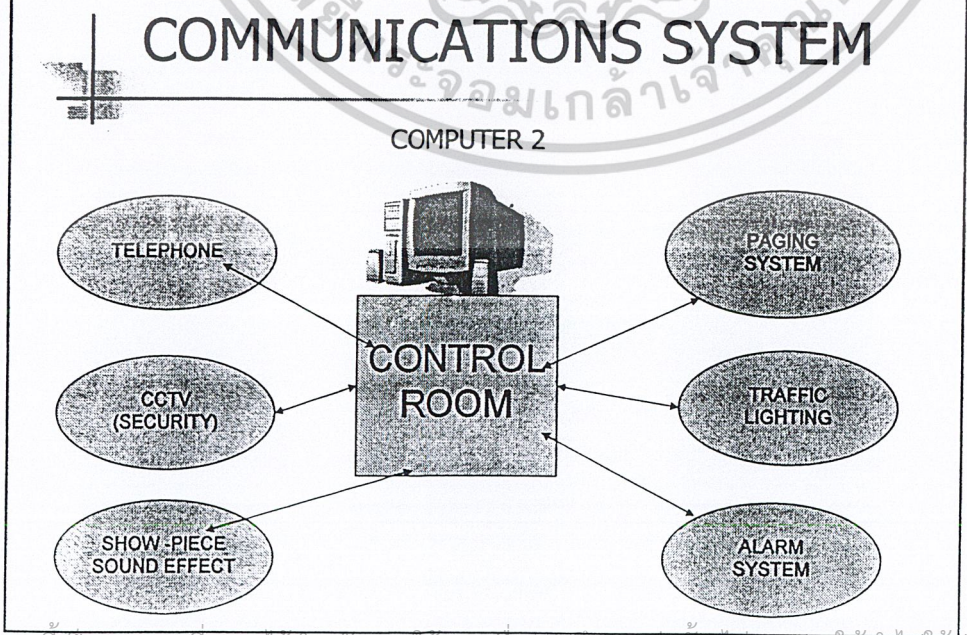


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

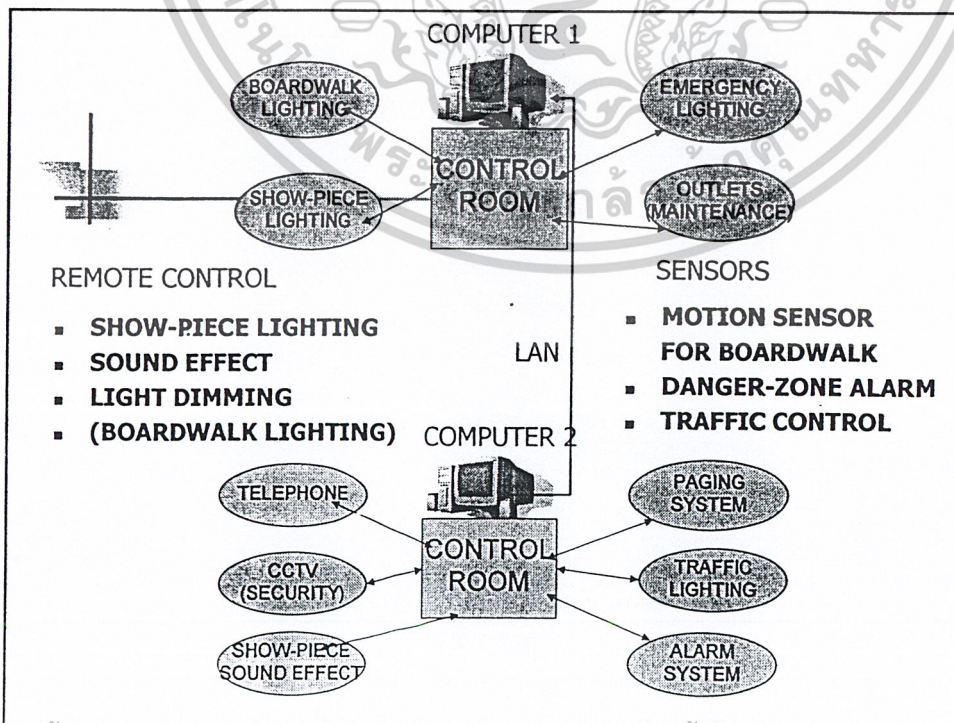
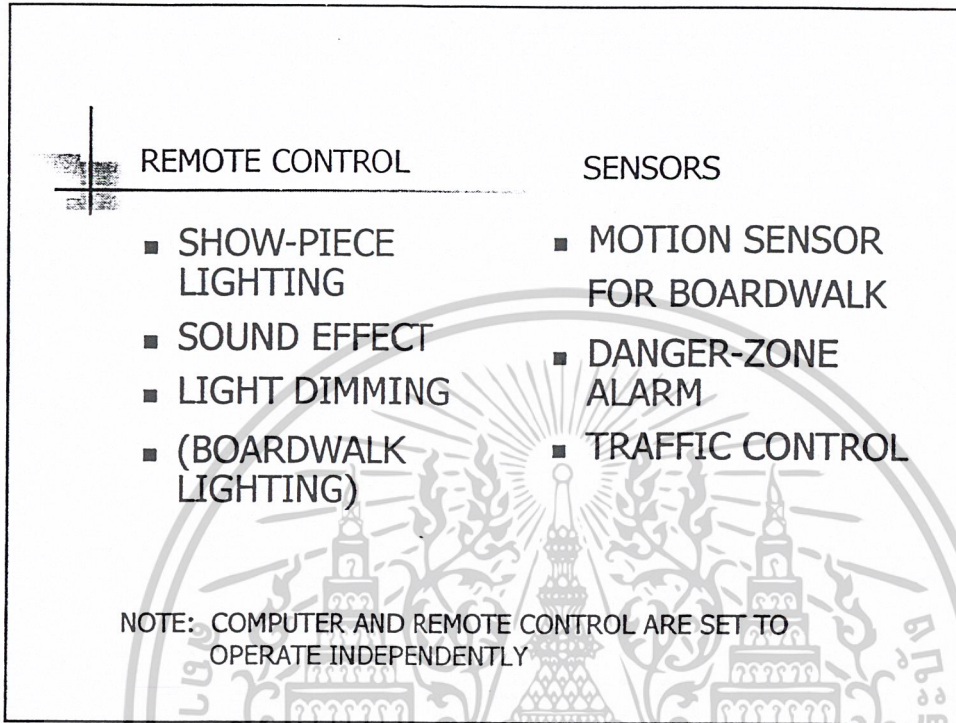
ELECTRICAL SYSTEM



COMMUNICATIONS SYSTEM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCLUSIONS

1. THE SYSTEM IS FRIENDLY TO ECOLOGY (ALL LEVELS OF LIGHT AND SOUND CAN BE ADJUSTED).
2. THE SYSTEM IS VERY LOW IN COSTS (ALL PARTS, PROGRAMS, AND ALL DESIGNS ARE LOCALLY PROVIDED).
3. THE SYSTEM IS DURABLE AND EASY FOR MAINTENANCE WITH LOW OPERATING COST.
4. SAFETY PRACTICE IS DONE HERE.
5. THE SYSTEM CAN BE EXPANDED FOR THE FUTURE.
6. ENJOYMENT, SAFETY, AND SECURITY ARE OFFERED TO ALL AT THE SAME TIME.
7. TOURISM CAN BE MANAGED IN AN ORDERLY AND SYSTEMIC FASHION.

THANK YOU
FOR YOUR KIND ATTENTION

KMITL PROJECT STUDENTS
AND ADVISORY STAFF



ภาคผนวก ข.
แบบแสดงแผนทีถ้ำ, แบบการออกแบบ
ระบบไฟฟ้าและการออกแบบระบบทางเดิน
ภายในถ้ำพระธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนที่อำเภอรราชาคู



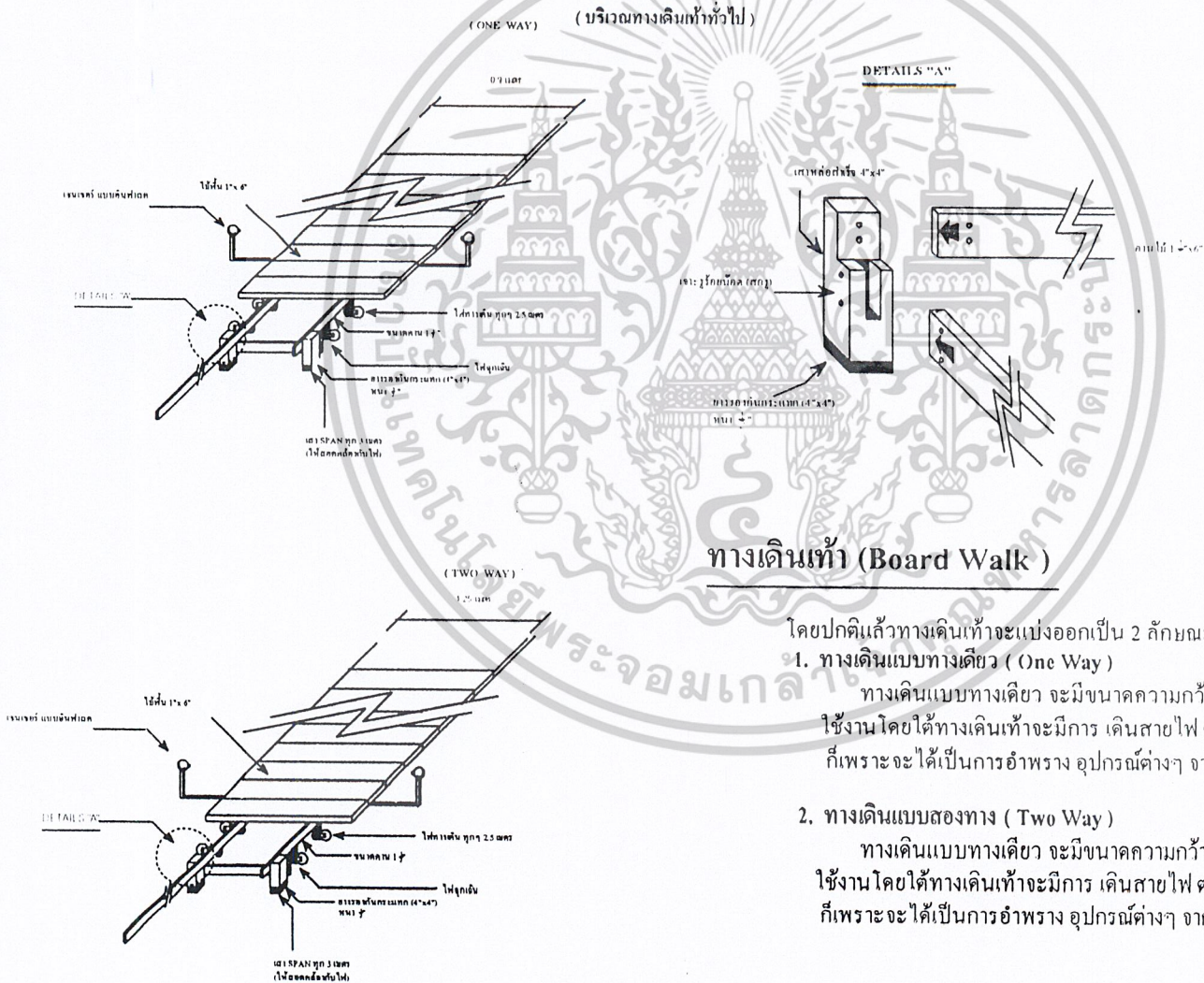
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนที่ทางเดินในอำเภอรธาตุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BOARD WALK



โดยปกติแล้วทางเดินเท้าจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ตามความเหมาะสมกับการใช้งานดังนี้

1. ทางเดินแบบทางเดียว (One Way)

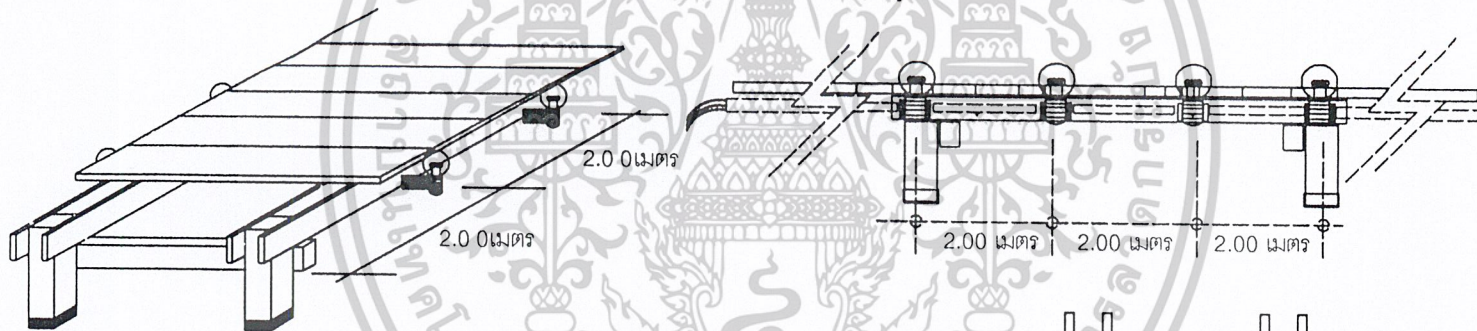
ทางเดินแบบทางเดียว จะมีขนาดความกว้าง 0.9 เมตร ซึ่งจะได้รูปแบบให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน โดยได้ทางเดินเท้าจะมีการ เดินสายไฟ ตลอดจนติดตั้งหลอดไฟและ เซนเซอร์ไว้ภายใต้ด้วย ทั้งนี้ก็เพราะจะได้เป็นการอำพราง อุปกรณ์ต่างๆ จากสายตานักท่องเที่ยว

2. ทางเดินแบบสองทาง (Two Way)

ทางเดินแบบสองทาง จะมีขนาดความกว้าง 1.25 เมตร ซึ่งจะได้รูปแบบให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน โดยได้ทางเดินเท้าจะมีการ เดินสายไฟ ตลอดจนติดตั้งหลอดไฟและ เซนเซอร์ไว้ภายใต้ด้วย ทั้งนี้ก็เพราะจะได้เป็นการอำพราง อุปกรณ์ต่างๆ จากสายตานักท่องเที่ยว

BOARD WALK

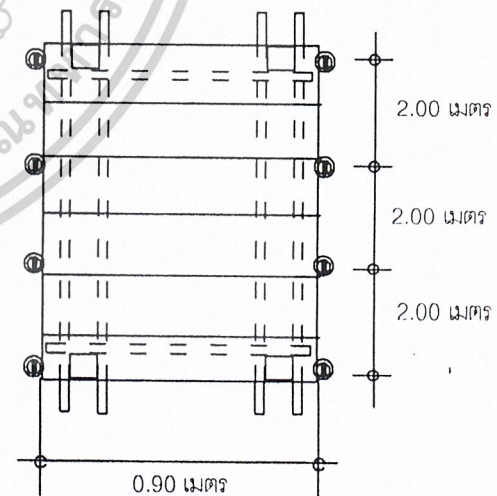
(บริเวณหินพระธาตุ)



หินพระธาตุ

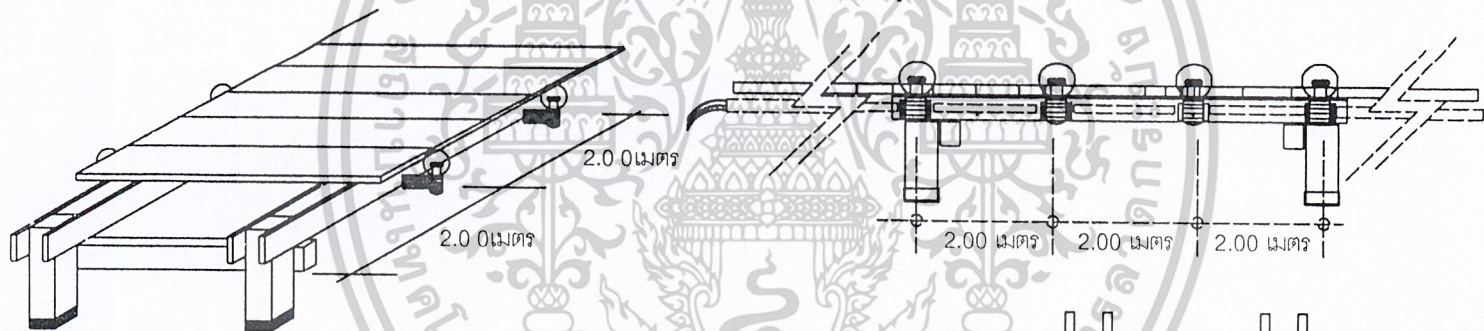
การนำเสนอหินพระธาตุ

1. จะมีการติดตั้ง sensor เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของนักท่องเที่ยวที่กำลังจะเข้าสู่บริเวณหินพระธาตุ
2. เมื่อนักท่องเที่ยวได้เดินเข้ามาผ่าน sensor ในบริเวณหินพระธาตุตามระยะที่กำหนดไว้ sensor จะมีการส่งการไปยังดวงโคมให้ ติด-ดับ ตามที่ได้กำหนดไว้
3. ดวงโคมที่ได้มีการติดตั้งไว้ตามทางเท้า (Board Walk) จะมีการติดตั้งเอาไว้เป็นระยะห่างที่เท่ากัน โดยที่จะมีระยะห่างจากดวงโคมหนึ่งถึงอีกดวง เป็น 2.00 เมตร
4. ดวงโคมจะมีการ ติด-ดับสลับกันเป็นลำดับ จากโคมคู่ที่ 1 ถึง 5 โดยที่ระยะเวลาในการติดแต่ละดวง จะเป็นไปตามที่ตั้งค่าหน่วยเวลาเอาไว้
5. เมื่อโคมคู่ที่ 5 ดับ จะมีการหน่วงเวลา เมื่อได้เวลาที่กำหนดเอาไว้แล้วโคมไฟที่ทำหน้าที่ในการแสดง หินพระธาตุจะสว่างขึ้นอย่างช้าๆ เพื่อแสดงให้เห็นความสวยงามของ หินพระธาตุ



BOARD WALK

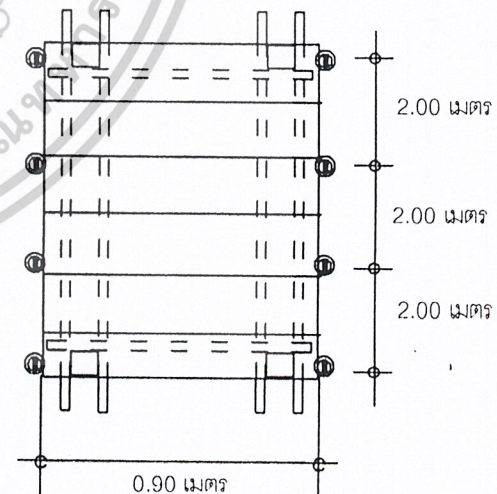
(บริเวณหินพระธาตุ)



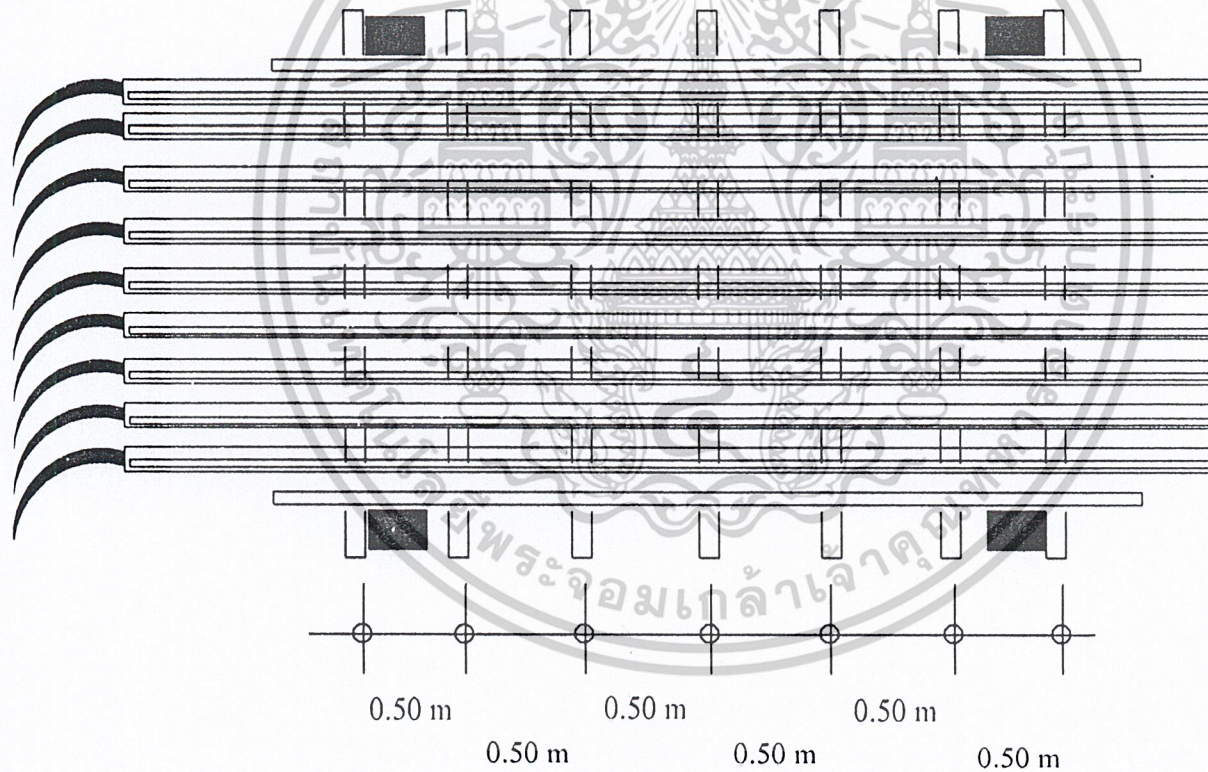
หินพระธาตุ

การนำเสนอหินพระธาตุ

1. จะมีการติดตั้ง sensor เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของนักท่องเที่ยวที่กำลังจะเข้าสู่บริเวณหินพระธาตุ
2. เมื่อนักท่องเที่ยวได้เดินเข้ามาผ่าน sensor ในบริเวณหินพระธาตุตามระยะที่กำหนดไว้ sensor จะมีการส่งการไปยังควมโคมให้ ดิจ-คียบ ตามที่ได้กำหนดไว้
3. ควมโคมที่ได้มีการติดตั้งไว้ตามทางเท้า (Board Walk) จะมีการติดตั้งเอาไว้เป็นระยะห่างที่เท่ากัน โดยที่จะมีระยะห่างจากควมโคมหนึ่งถึงอีกควม เป็น 2.00 เมตร
4. ทางควมโคมจะมีการ ดิจ-คียบสลับกันเป็นลำดับ จากควมโคมคู่ที่ 1 ถึง 5 โดยที่ระยะเวลาในการติดแต่ละควม จะเป็นไปตามที่ตั้งค่านช่วงเวลาเอาไว้
5. เมื่อควมโคมคู่ที่ 5 ดียบ จะมีการหน่วงเวลา เมื่อได้เวลาที่กำหนดเอาไว้แล้วควมโคมไฟที่ทำหน้าที่ในการแสดง หินพระธาตุจะสว่างขึ้นอย่างช้าๆ เพื่อแสดงให้เห็นความสวยงามของ หินพระธาตุ

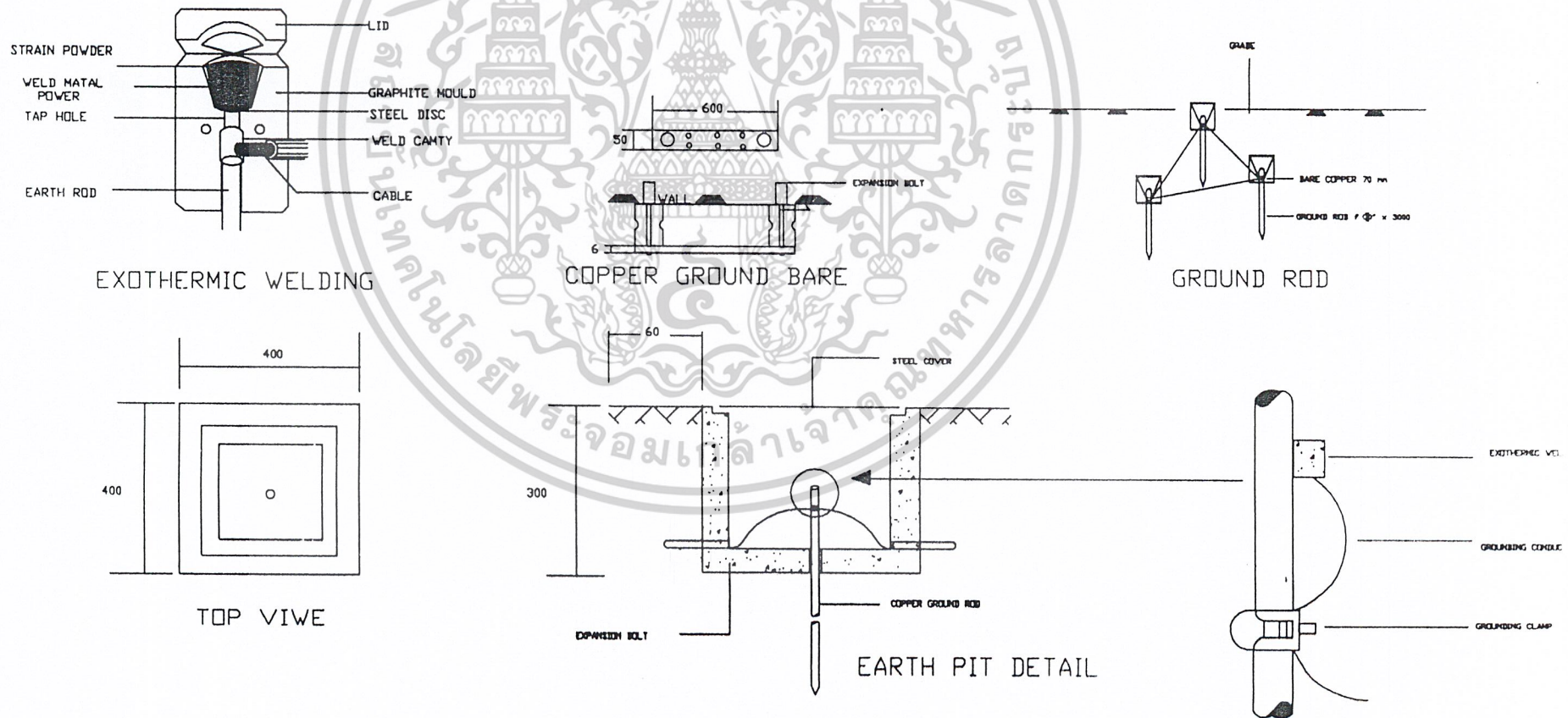


รูปแบบการเดินสายไฟ



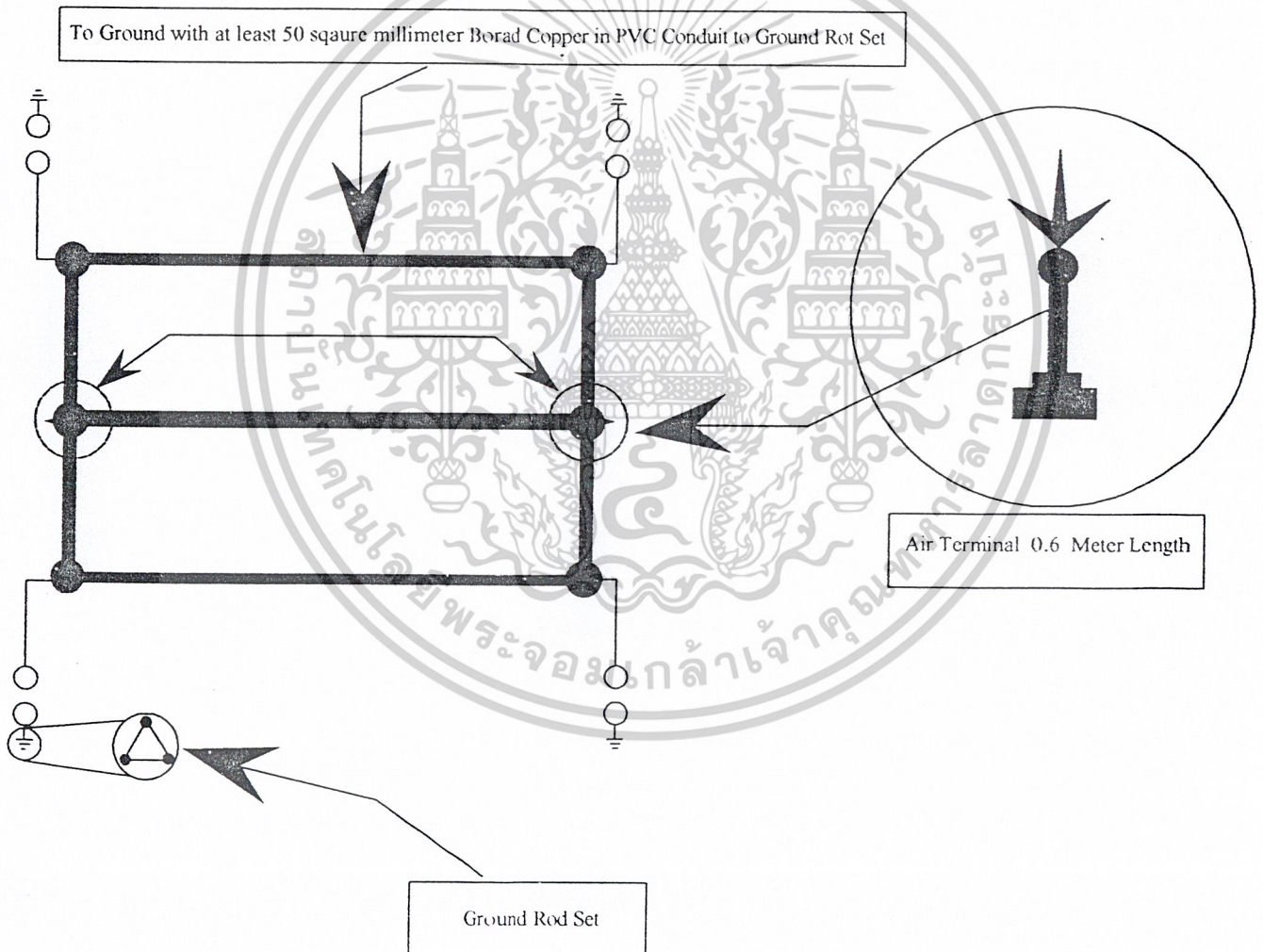
การเดิน สาย NYY จะทำการเดินบนรางไม้ที่มีลักษณะเป็นราวป็นไค
ที่มีระยะ ห่างของไม้แต่ละท่อน 0.5 เมตร

GROUNDING SYSTEM DETAILS



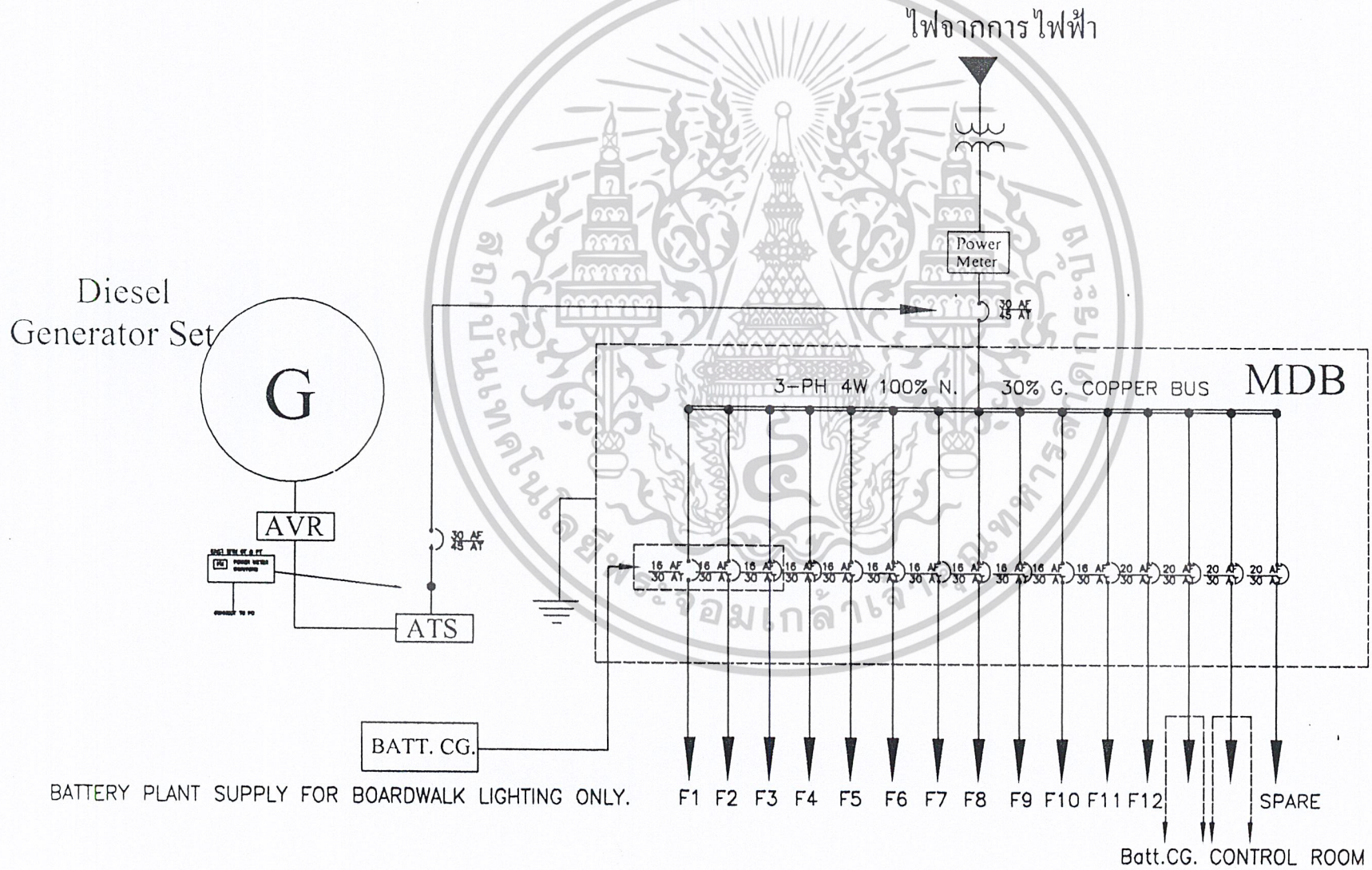
Air Terminal System

ภาพ TOP View ของห้อง ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า
ที่แสดงอยู่เป็นส่วนของ Air Terminal

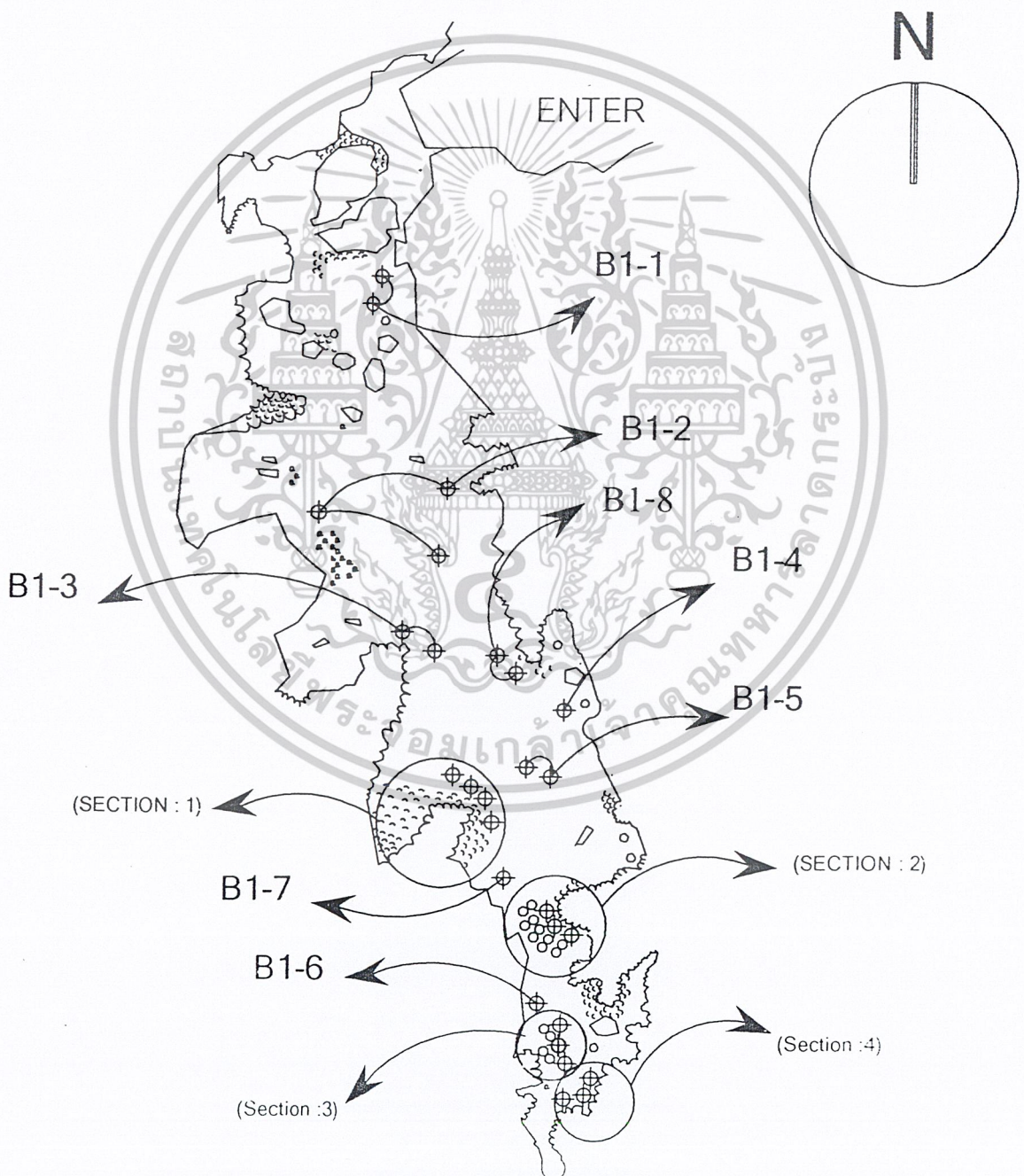


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE-LINE DIAGRAM



วงจรแสงสว่างแสดงชั้นงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Section :1-2

Section 1: หินปราสาท

Section 2: บริเวณหินพระธาตุ

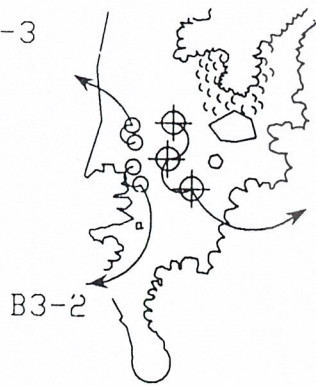


Section :3-4

Section 3: หินเสาเอก

Section 4: หินโดโนเสาร์, หินปลาวาฬ

B3-3



B3-1

○ หลอด Compact Fluorescent (8 W)

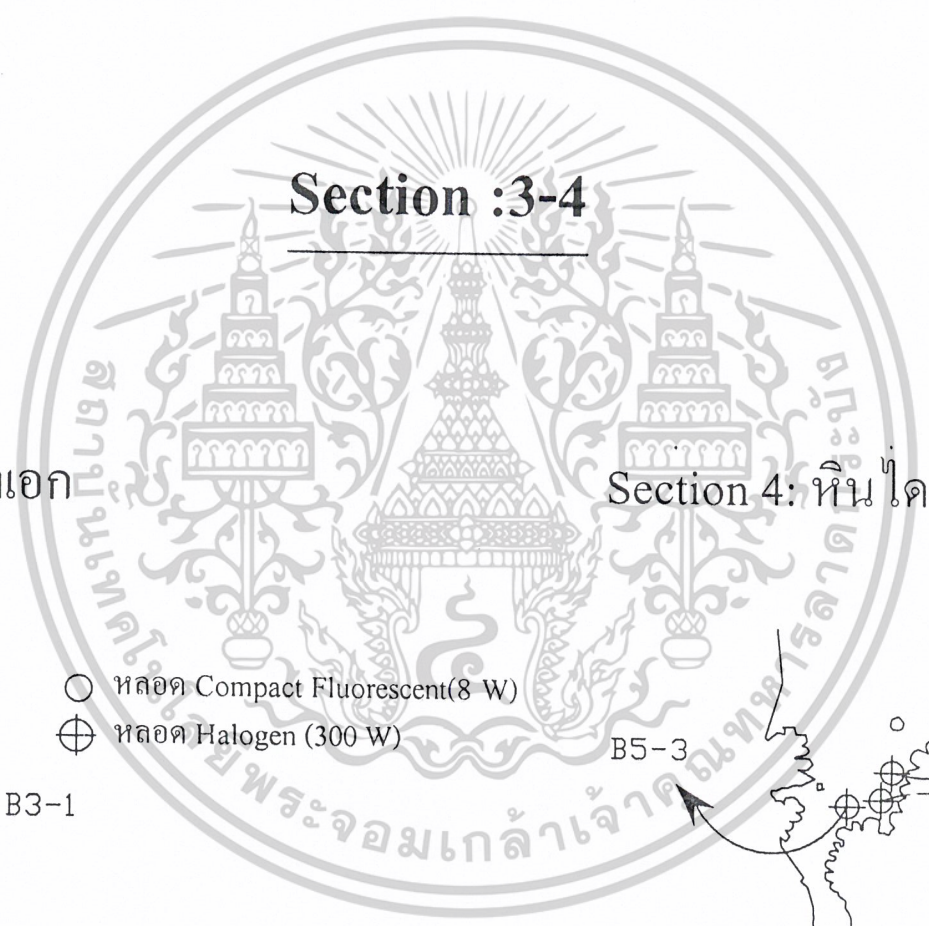
⊕ หลอด Halogen (300 W)

B5-3

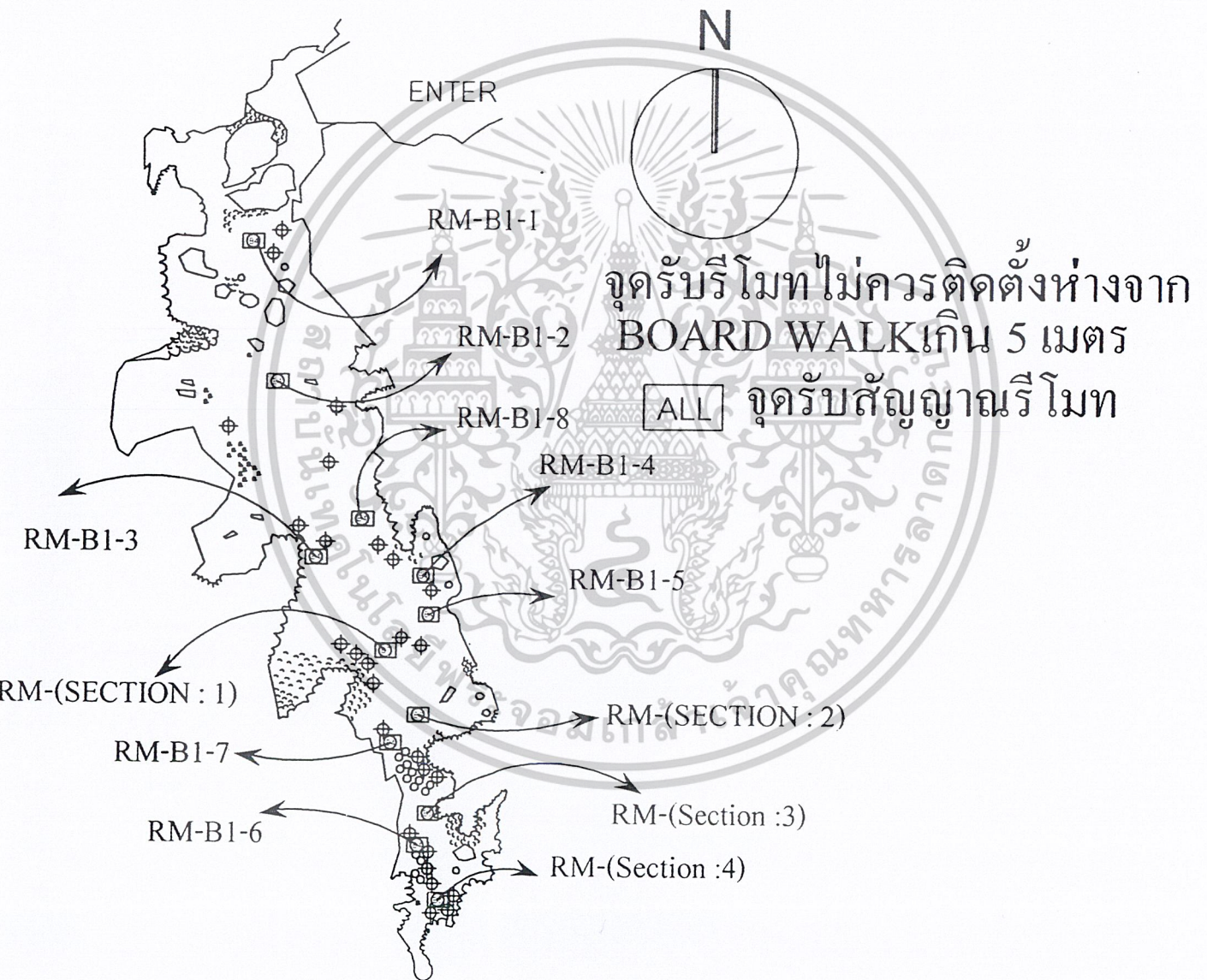
B5-1

⊕ หลอด Halogen (300 W)

B5-2

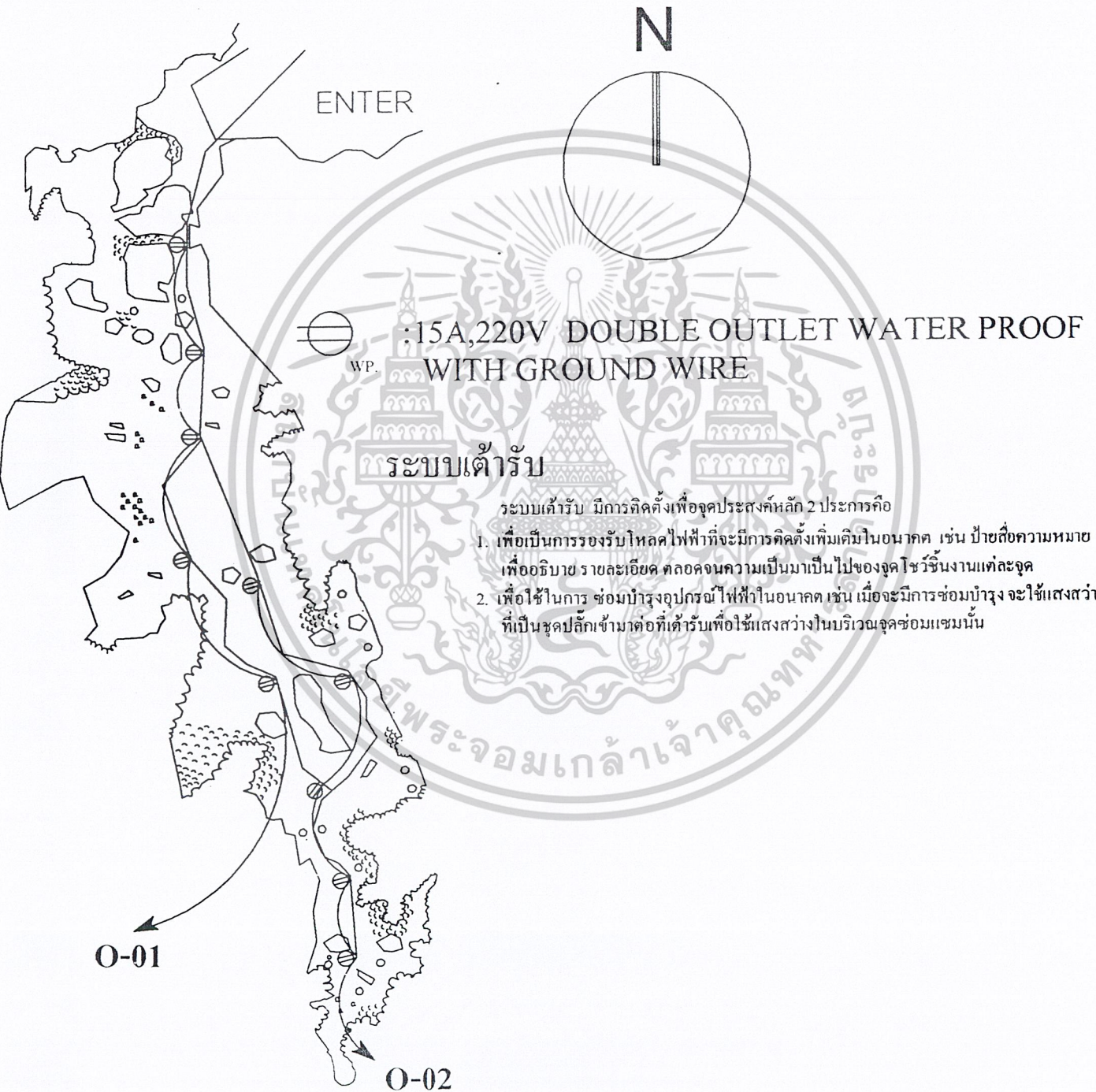


จุดรับรับสัญญาณรีโมท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง OUTLET ในอำพระธาตุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแสงสว่างฉุกเฉินของทางเดิน (1)



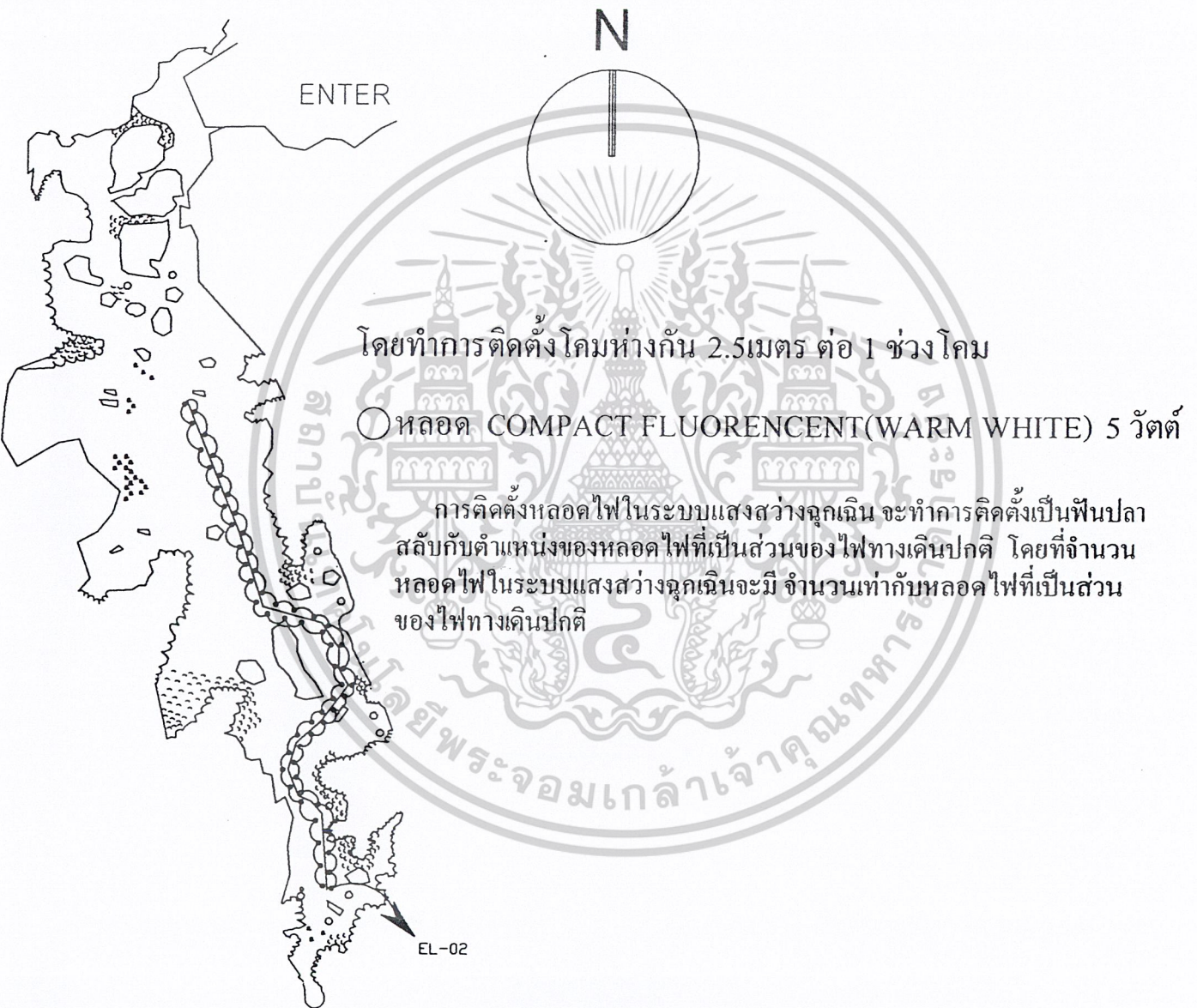
โดยทำการติดตั้งโคมห่างกัน 2.5 เมตร ต่อ 1 ช่วงโคม

หลอด COMPACT FLUORESCENT (WARM WHITE) 5 W

การติดตั้งหลอดไฟในระบบแสงสว่างฉุกเฉิน จะทำการติดตั้งเป็นพื้นพลาสติกกับตำแหน่งของหลอดไฟที่เป็นส่วนของไฟทางเดินปกติ โดยที่จำนวนหลอดไฟในระบบแสงสว่างฉุกเฉินจะมี จำนวนเท่ากับหลอดไฟที่เป็นส่วนของไฟทางเดินปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแสงสว่างฉุกเฉินของทางเดิน (2)



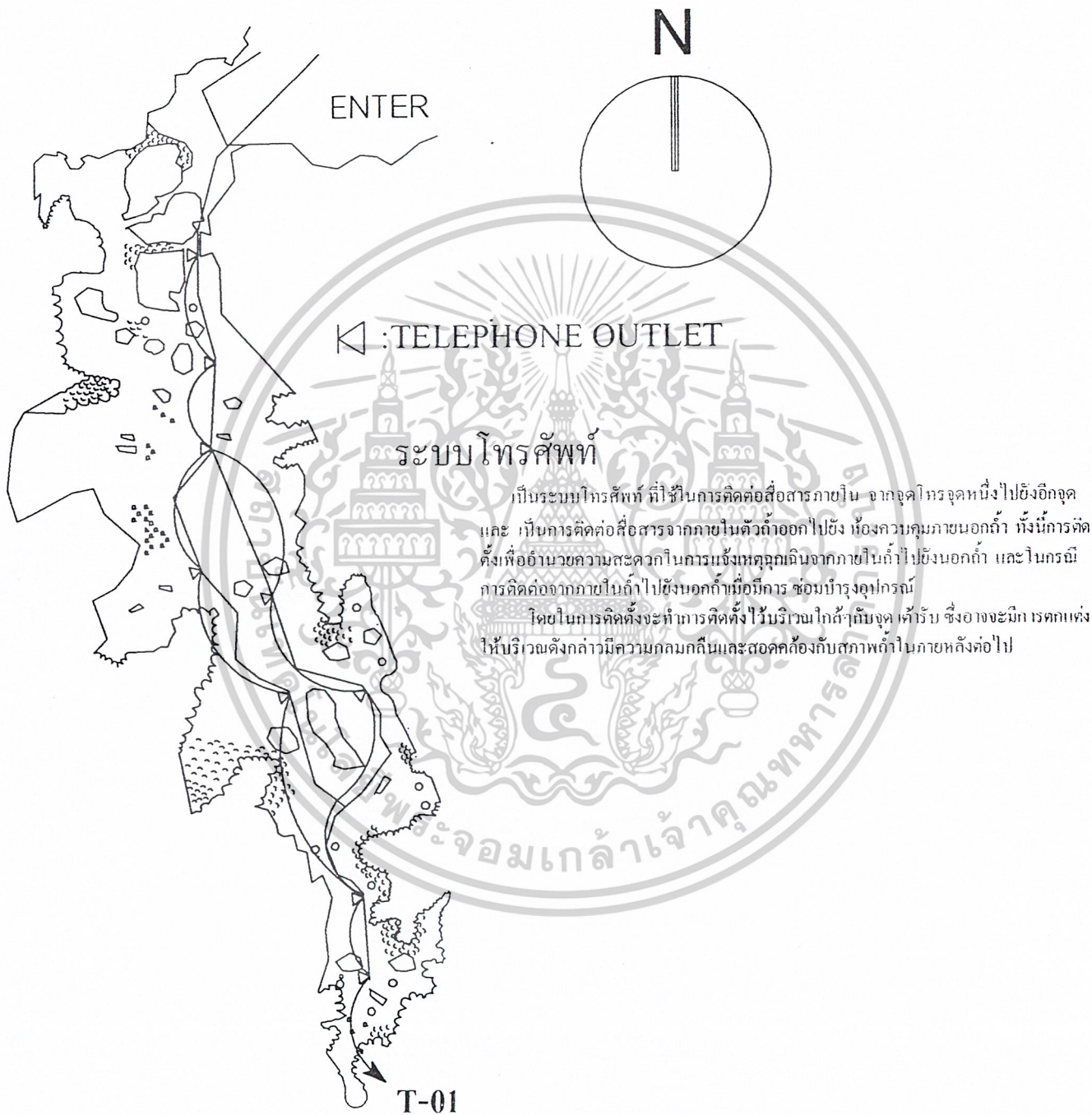
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเตือนภัย



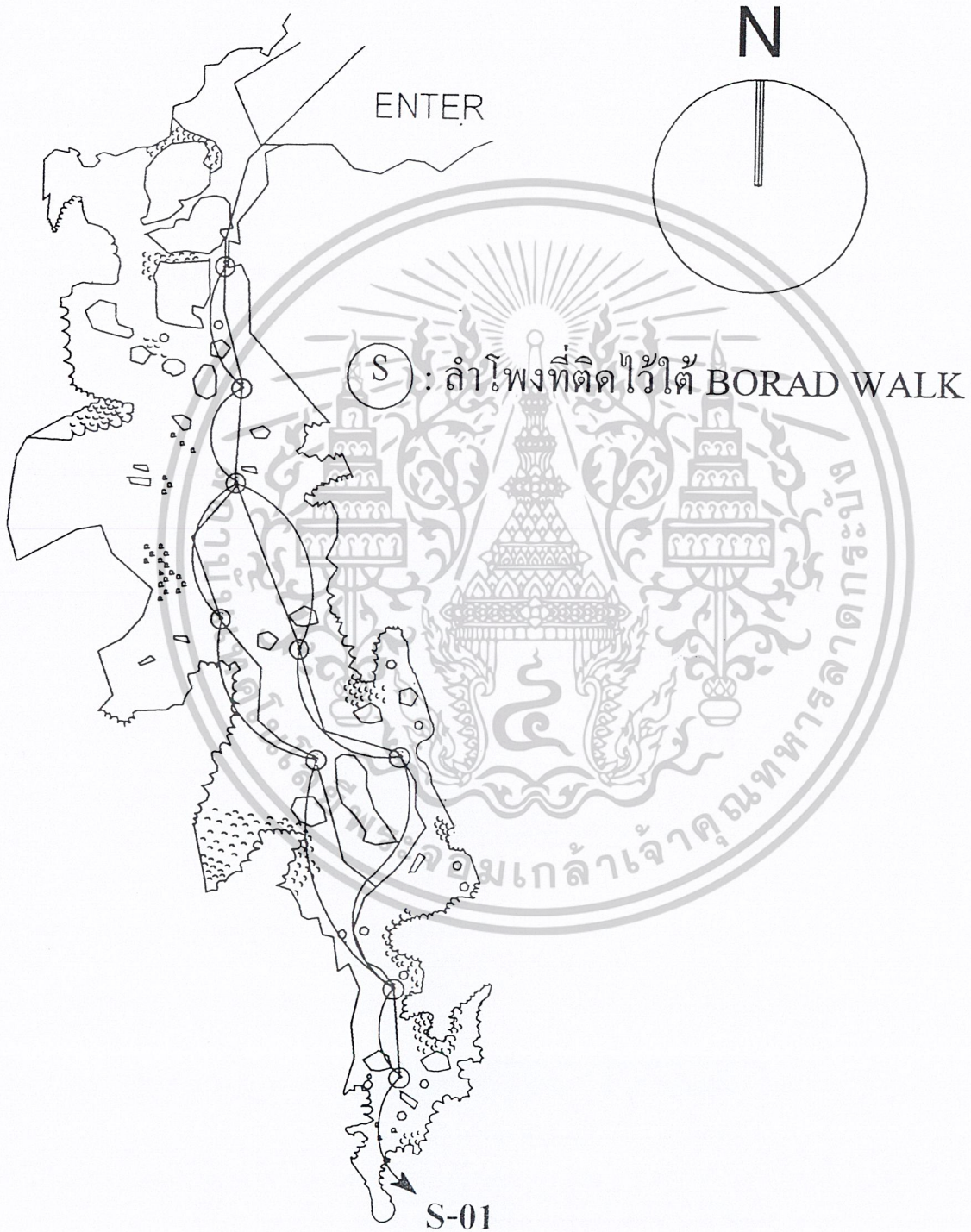
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งโทรศัพท์ ในอำเภอรธาตุ



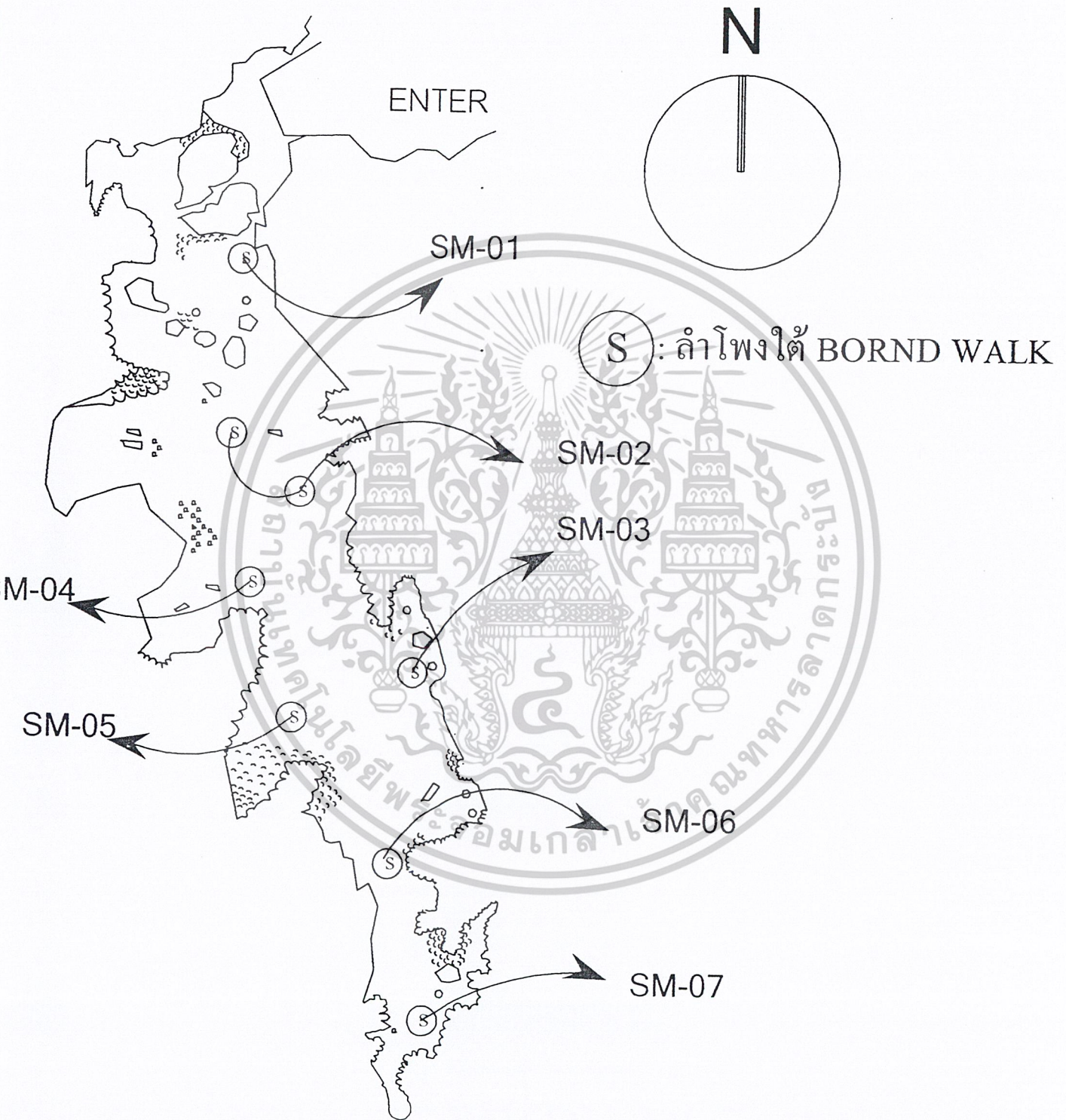
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งระบบเสียงในอำเภอรชชาติ



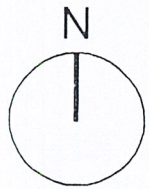
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเสียงแสดงชั้นงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการแบ่งพื้นที่ระบบไฟทางเดินและระบบ sensor ไฟทางเดินในถ้ำพระธาตุ



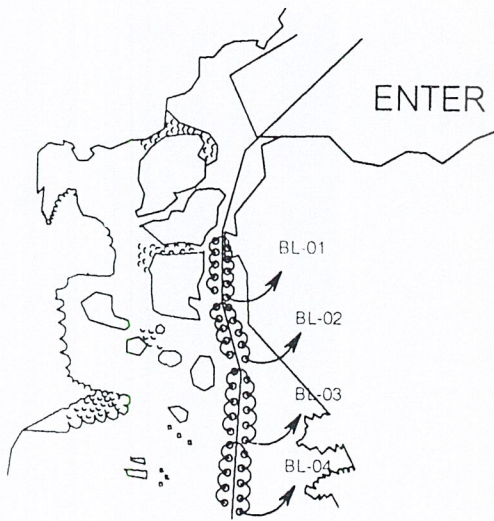
ตำแหน่งโคมไฟ ทางเดินและ SENSOR
Circuit 01-04

ตำแหน่งโคมไฟ ทางเดินและ SENSOR
Circuit 05-11

ตำแหน่งโคมไฟ ทางเดินและ SENSOR
Circuit 12-18

ตำแหน่งโคมไฟ ทางเดินและ SENSOR
Circuit 19-20

ตำแหน่งโคมไฟ ทางเดิน (1)



ตำแหน่งโคมไฟ ทางเดิน Circuit 01-04

1 circuit จะมีความยาว 15 เมตร โดยทำการติดตั้ง
โคมห่างกัน 1.5 เมตร ต่อ 1 ช่วงโคม

○ โคมหลอด COMPACT FLUORESCENT (WARM WHITE) 5 W

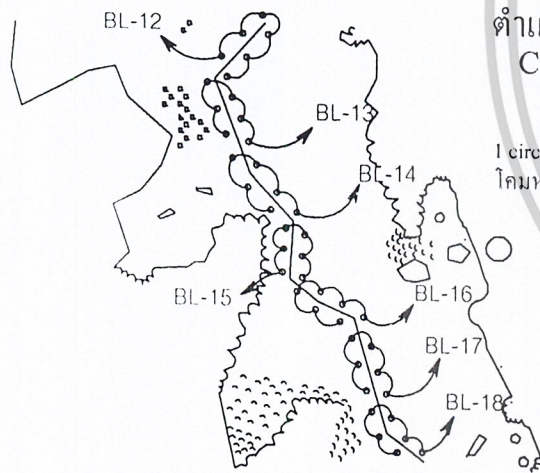


ตำแหน่งโคมไฟทางเดิน Circuit 05-11

1 circuit จะมีความยาว 15 เมตร โดยทำการติดตั้ง
โคมห่างกัน 2.5 เมตร ต่อ 1 ช่วงโคม

○ โคมหลอด COMPACT FLUORESCENT (WARM WHITE)

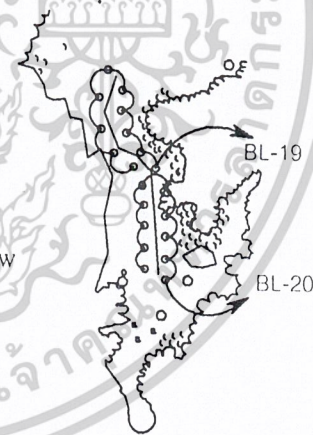
ตำแหน่งโคมไฟทางเดิน (2)



ตำแหน่งโคมไฟทางเดิน Circuit 12-18

1 circuit จะมีความยาว 15 เมตร โดยทำการติดตั้ง
โคมห่างกัน 2.5 เมตร ต่อ 1 ช่วงโคม

○ หลอด COMPACT FLUORESCENT (WARM WHITE) 5 W

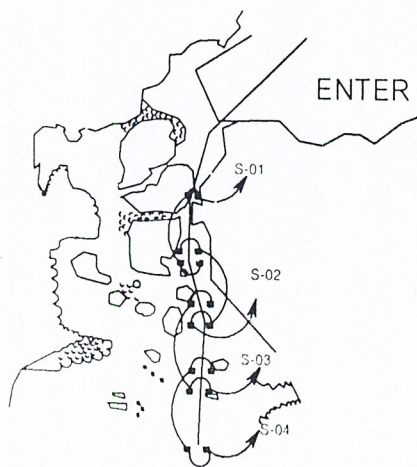


ตำแหน่งโคมไฟทางเดิน Circuit 19-20

1 circuit จะมีความยาว 15 เมตร โดยทำการติดตั้ง
โคมห่างกัน 1.5 เมตร ต่อ 1 ช่วงโคม

○ หลอด COMPACT FLUORESCENT (WARM WHITE) 5 W

ตำแหน่ง เซ็นเซอร์ทางเดิน (1)



ตำแหน่ง เซ็นเซอร์ทางเดิน Circuit 01-04

- เซ็นเซอร์ 1 Circuit จะมี ระยะกานกั้น 15 เมตร โดยทำการติดตั้ง 2 แบบ
1. ทางเดิน One Way เป็นเซ็นเซอร์แบบ ส่นวงเวลาปิด
 2. ทางเดิน Two Way เป็นเซ็นเซอร์แบบ เปิด-ปิด โดยเปิดที่ต้นทางและปิดที่ปลายทาง

ALL เซ็นเซอร์ (ติดตั้งแบบที่ 2)

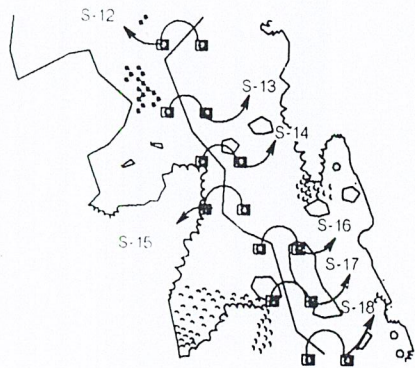


ตำแหน่ง เซ็นเซอร์ทางเดิน Circuit 05-11

- เซ็นเซอร์ 1 Circuit จะมี ระยะกานกั้น 15 เมตร โดยทำการติดตั้ง 2 แบบ
1. ทางเดิน One Way เป็นเซ็นเซอร์แบบ ส่นวงเวลาปิด
 2. ทางเดิน Two Way เป็นเซ็นเซอร์แบบ เปิด-ปิด โดยเปิดที่ต้นทางและปิดที่ปลายทาง

ALL เซ็นเซอร์ (ติดตั้งแบบที่ 1)

ตำแหน่ง เซ็นเซอร์ทางเดิน (2)



ตำแหน่ง เซ็นเซอร์ทางเดิน Circuit 12-18

- เซ็นเซอร์ 1 Circuit จะมี ระยะตามคณ 15 เมตร โดยทำการติดตั้ง 2 แบบ
1. ทางเดิน One Way เป็นเซ็นเซอร์แบบ หน้ามองถนัด
 2. ทางเดิน Two Way เป็นเซ็นเซอร์แบบ เปิด-ปิด โดยเปิดที่ต้นทางและปิดที่ปลายทาง

☐ เซ็นเซอร์ (ติดตั้งแบบที่ 1)



ตำแหน่ง เซ็นเซอร์ ทางเดิน Circuit 19-20

- เซ็นเซอร์ 1 Circuit จะมี ระยะตามคณ 15 เมตร โดยทำการติดตั้ง 2 แบบ
1. ทางเดิน One Way เป็นเซ็นเซอร์แบบ หน้ามองถนัด
 2. ทางเดิน Two Way เป็นเซ็นเซอร์แบบ เปิด-ปิด โดยเปิดที่ต้นทางและปิดที่ปลายทาง

☐ เซ็นเซอร์ (ติดตั้งแบบที่ 1)

INSTALLATION GUIDANCE

POWER CIRCUIT INSTALLATIONS

TABLE - •

C.B. RATING AT PHASE	SIZE OF "THIN" CABLES TO THE LOAD : SQ.MMM.	SIZE OF "IMC" CONDUIT FOR THE CABLES : INCH.
5,10	1 2-2.5/1.5 G	1/2
15	1 2-4.0/2.5 G	1/2
20	1 2-8.0/4.0 G	3/4
30	1 2-10.0/8.0 G	3/4
5,10	3 4-2.5/1.5 G	3/4
15	3 4-4.0/2.5 G	3/4
20	3 4-6.0/4.0 G	1
30	3 4-10.0/8.0 G	1 1/4
40	3 4-16.0/10.0 G	1 1/2
50	3 3-25.0,1-16.0 N/18.0 G	2
60	3 3-35.0,1-18.0 N/18.0 G	2
75	3 3-50.0,1-25.0 N/25.0 G	2 1/2
100	3 3-70.0,1-35.0 N/35.0 G	2 1/2
125	3 3-85.0,1-50.0 N/50.0 G	3
150	3 3-120.0,1-70.0 N/50.0 G	3
175	3 3-150.0,1-70.0 N/50.0 G	3
200	3 3-185.0,1-95.0 N/50.0 G	3 1/2
225	3 3-240.0,1-120.0 N/50.0 G	4
250	3 2SETS OF [3-85.0,1-50.0 N/50.0 G]	2 SETS OF : 3
300	3 2SETS OF [3-120.0,1-70.0 N/50.0 G]	2 SETS OF : 3
350	3 2SETS OF [3-150.0,1-70.0 N/50.0 G]	2 SETS OF : 3
400	3 2SETS OF [3-185.0,1-95.0 N/50.0 G]	2 SETS OF : 3 1/2
500	3 3SETS OF [3-150.0,1-70.0 N/50.0 G]	3 SETS OF : 3
600	3 3SETS OF [3-185.0,1-95.0 N/50.0 G]	3 SETS OF : 3 1/2
830	3 3SETS OF [3-240.0,1-120.0 N/50.0 G]	3 SETS OF : 4

LIGHTING CIRCUIT INSTALLATIONS

TABLE -

C.B. RATING AT PHASE	SIZE OF "THIN" CABLES TO THE LOAD : SQ.MMM.	SIZE OF "IMC" CONDUIT FOR THE CABLES : INCH.
10	1 2-2.5	1/2
15	1 2-4.0	1/2
20	1 2-8.0	1/2
30	1 2-10.0	3/4
10	3 4-2.5	3/4
15	3 4-4.0	3/4
20	3 4-6.0	3/4
30	3 4-10.0	1

NOTICE FOR ELECTRICAL INSTALLATIONS

- PLEASE STRICT TO THE SCHEDULE GUIDANCES.
- ALL WIRES ARE IN IMC CONDUITS/WIRE WAYS.(EXIT FOR LIGHTING/OUTLET)
- CONSULT INTERIOR DESIGNER FOR EXACT LOCATIONS AND HEIGHT OF OUTLETS AND LUMINAIRES
- THE ELECTRICAL POWER SYSTEM IS GROUNDED THROUGH THE GROUND RODS CONNECTED FROM MGB AND FROM MGB TO OTHER DB'S OR LC'S
- ALL MATERIALS/DEVICES ARE NEW AND UNDER ITS STANDARDS
- ALL LAMPS ARE OF POWER ECONOMY TYPE (PHILIPS/OSRAM) : SL,SLO,TL,D,etc.
- ALL CABLES ARE MADE BY THAI YAZUNG/PHLEP DODGE/BANGKOK CABLE.
- ALL OUTLETS ARE NATIONAL/TICINO ONLY.
- THE CONTRACTOR MUST SUBMIT COPIES OF AS-BUILT DRAWINGS AND OPERATOR'S MANUALS TO THE OWNER AFTER THE INSTALLATION WORK IS COMPLETED
- ALL ELECTRICAL WORK MUST BE UNDER IEA OR PEA REGULATIONS
- THE CONTRACTOR MUST SUBMIT ALL TEST RESULTS AND COPIES OF MAINTENANCE MANUALS TO THE OWNER AFTER COMPLETION OF WORK.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคนวท ก.

Guidelines and Principles of Cave
Management (Dean Smart)

Tourist Cave (Prof. Elery Hamiton-Smith)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOAD SCHEDULE & LOAD DIAGRAM

LOAD SCHEDULE

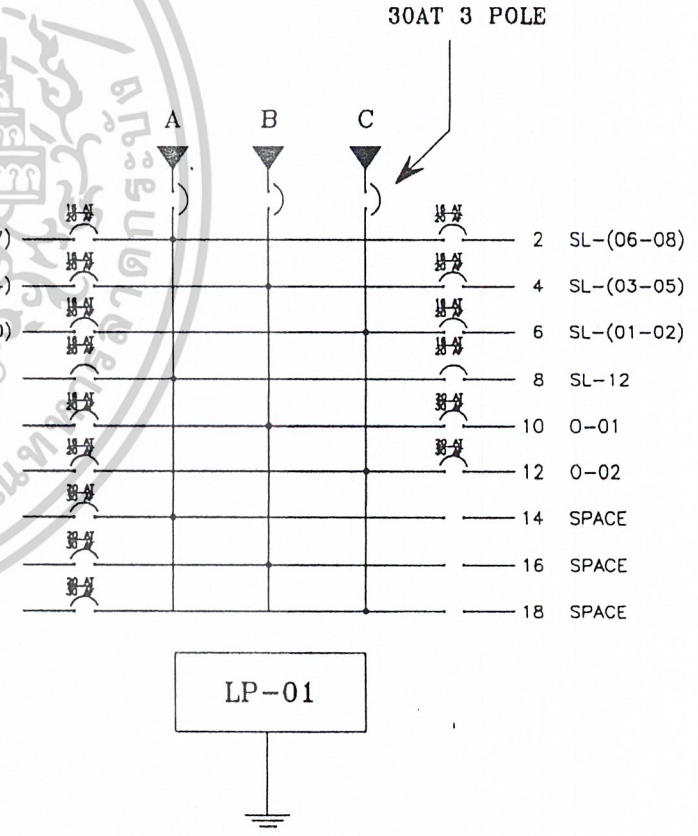
LOAD DIAGRAM

JOB : ๐ 10 46 SCHEDULE No. A1

No.	NAME		PH	VA	RATING AT. POLE	CABLE AND CONDUIT TO THE LOAD
	LP-01	LOCATION				
LOAD DESCRIPTION						
QTY.	PURPOSE					
1	42.7	B1-(1-7),BL (01-07):	○	A	420	18 1 2 - RYY 10 3x2.5 mm ²
3	42.7	B2-(1-7),BL (08-14):	○	B	420	18 1
5	42.8	B3-(1-6),BL (15-20):	○	C	380	18 1 1 - RYY 10 3x2.5 mm ²
2	4.3	B4-(1-3),SLB-SLB	⊕	A	1200	18 1 2 - RYY 10 4x2.5 mm ²
4	0.3	B4-(4-6),SLB-SLB	⊕	B	1500	18 1
6	0.2	B4-(7-8),SL1-SL3	⊕	C	1500	18 1 1 - RYY 10 3x2.5 mm ²
7	2.4	B5-(1-3), SL-11:	⊕	A	980	18 1 1 - RYY 10 4x2.5 mm ²
8	2.4	B5-(1-4), SL-10:	⊕	B	1000	18 1 1 - RYY 10 3x2.5 mm ²
11	4.1	B7-(1-4), SL-09:	⊕	C	1200	18 1 1 - RYY 10 3x2.5 mm ²
8	3.1	B9-(1-3), SL-12:	⊕	A	900	18 1 1 - RYY 10 4x2.5 mm ²
10	5	B3-7, 0-01	⊕	B	1000	20 1 2 - RYY 10 2x4mm ² 2.5mm ²
12	5	B3-8, 0-02	⊕	C	1000	20 1
13	1	TO BATTERY CHARGER	A	1000	20 1	THIS IS NOT IN 1°C
15	-	SPARE	B	500	20 1	
17	-	SPARE	C	500	20 1	
14			A			
16			B			
18			C			
19			A			
20			B			
21			C			
22			A			
23			B			
24			C			

CONNECTED : 13810	A 4580	
DEMAND : 7800	B 4470	
MAIN C.B. RATING OF THE PANEL	C 4580	

SOURCE NAME TO PANEL	MOD AS OF MOD	C.B. # 10 KA	MAIN : 10 KA
LOCATION		IC/PATH : 8	BRANCH : 8 KA



ภาคผนวก ก.

Guidelines and Principles of Cave
Management (Dean Smart)

Tourist Cave (Prof. Elery Hamiton-Smith)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Guidelines and Principles of Cave Management

Dean Smart, November 2003.

Exploitation of Caves

Principle – caves are used in many different ways and management needs vary accordingly

Historical and current use of caves in Southeast Asia:

- Tourist attractions
- Places of worship and meditation
- Burial sites
- Shelters
- Store houses
- Hiding places
- Thoroughfares
- Water supplies
- Sources of food, e.g. fish, bats
- Sources of guano and swiftlet nests
- Sources of sediment and minerals, e.g. tin
- Industrial sites, e.g. stone tools
- Centres of knowledge, research and learning

Other uses from around the world:

- Wine cellars
- Mushroom farms
- Cheese factories
- Tuberculosis clinics
- Laboratories
- Fortresses
- Waste dumps
- Mass grave sites
- Hydroelectricity plants
- Manufacturing sites, e.g. rope
- Sources of saltpetre for gunpowder

Significance of caves:

- Living museums – climate, fossils, archaeology, culture
- Natural laboratories – human psychology, evolution, adaptation, ecology
- Windows on the underworld – groundwater, geological exposures, archaeobacteria
- Economic – water supplies, tourism, guano, swiftlet nests, tin
- Social – aesthetic, sporting, spiritual, shelter

Special characteristics of caves:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Small, enclosed space
- Darkness
- Little exchange with the surface – stable environment
- Excellent preservation qualities
- Long ‘lifespan’
- Accumulate sediments, speleothems, bones, artifacts, etc
- Simple ecosystem with unusual fauna
- Low total energy budget
- Origin by solution of the bedrock
- Rapid transmission of water
- Integral part of a wider landscape – karst

Threats to Caves

Elery lecture?



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Assessment of Caves for Management

Principle – good management is based upon knowledge of the resource

Assessment can:

- Be carried out for caves as a whole or for discrete parts of a single cave
- Identify significant and vulnerable sites
- Identify caves of potential economic value
- Provide convenient ways for filing and accessing data
- Aid with funding allocation

1. Data collection

Principle – gather as much data as possible

Data sources:

- Direct exploration, surveying and research
- Local knowledge
- Published literature, reports and maps
- Internet
- Foreign cave expeditions

Remember – quality of data is better than quantity

Rapid assessment for first-time cave surveys (minimum); measure, record or search for:

General	Name; location; elevation; length; depth; sketch map; technical aspects; dangers
Geology	Rock type & age; cave shape & mode of genesis; structural features; fossils; unusual speleothems & minerals; sediments
Hydrology	Catchment area; sinks & springs; flood risk
Biology	Cave adapted animals; rare or unusual species; unusual ecological aspects; large colonies; sub-fossil bones
Archaeology	Pottery; stone, bronze & iron artifacts; cut-off snail shells; human bones; art; log coffins
Culture	Religious items; historical structures; local customs
Management	Current use; manager; threats; impacts; potential use; energy level

2. Classification of caves

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Principle – helps to organise data and highlights aspects of interest

Classification:

- Many ways to classify caves: mode of genesis, hydrological aspects, interior deposits, biological habitats, management, etc.
- Needs to be simple, objective and consistent

Cave management classification in Thailand (Smart, 2000):

Category 1: Public Access Caves
1.1 Eco-tourism
1.2 Tourism
1.3 Temple
Category 2: Special Purpose Sites *
2.1 Comparison sites
2.2 Sites of special natural and/or cultural value
2.3 Dangerous sites
2.4 Human industry sites
Category 3: Wild (& unclassified)
1.1 Caves classified as wild
1.2 Unclassified caves

* The classification for sites managed as ‘special purpose’ also needs to state the reason for inclusion in this category, e.g. Tham Hud – 2.3 (bad air), Tham Khao Chong Phran – 2.4 (bat guano).

3. Energy level

Principle – a measure of a cave’s impact resistance and ability to self-repair

Subjective estimate of the total amount of energy within a cave taking into account:

- Energy supplied from outside, e.g. flood debris, guano, troglodite movement
- Energy supplied from within, e.g. chemo-autotrophic bacteria
- Stored energy, e.g. minerals, animals’ bodies
- Physical energy, e.g. water power, wind strength, tides, daylight, sediment movement, rock collapse
- Speed and level in which change occurs, e.g. seasonal flooding, daily wind variations

Energy levels are divided into three states:

Energy Level	Example Characteristics	Impact Resistance	Ability to Self-repair
LOW	Dry; single entrance; little air movement; no daylight; few troglodites; stable environment	LOWER	LOWER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HIGH	Flowing water; multiple entrances; strong draught; daylight; many troglonexes; changing environment; tidal movements	MEDIUM	MEDIUM
ULTRA-HIGH	River; severe flooding; huge troglonexene colony; surface-like setting; rapidly or widely changing environment	HIGHER	HIGHER

4. Significance

Principle – most caves are significant for one or more reasons

Assessing significance:

- Impossible without data

Evaluating cave significance (Davey & White, 1986), not ranked in order of importance:

<p>A cave is significant if it –</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Has contributed substantially to development of explanations about a wider class of sites 2. Is the location of important research investigations 3. Contains evidence with potential for understanding the past (e.g. speleothems, sediments, palaeontological or archaeological deposits, cultural relics) 4. Has important associations with prehistoric or historic human activities, especially if connected with important events, personalities or the developments in the history of the region or of cave science 5. Contains especially clear examples which are of educational value 6. Is the type locality for any species 7. Is the habitat of an endemic species 8. Is the habitat for any troglobitic species 9. Is the breeding locality (maternity site) for any species, or is important to any species for acclimatisation, overwintering, staging or roosting 10. Is the habitat for a species which is endangered, rare, restricted or near the limits of its range 11. Is aesthetically impressive or of high visual or other sensory quality 12. Contains unusual recreation opportunities 13. Has potential for non-destructive use which will contribute to the local and regional economy and employment 14. Is one of the few remaining or best preserved of its class 15. Is part of a related compilation of sites, which collectively meet one or more of the other criteria above

5. Vulnerability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Principle – highly significant caves are not necessarily vulnerable

A cave may be considered vulnerable if it is:

- Currently being impacted
- Under threat of being impacted in the future
- Located near to human populations or easily accessible
- Potentially attractive to casual visitors
- Fragile
- About to be developed or managed

6. Data Management

Principle – store data in a form that can be easily accessed

Data storage:

- Computer – Access, Foxpro, GIS
- Paper – books, reports, maps
- Cross-reference the data to other databases

Starting point for a computerised cave management database:

Information	Data	Type
Code number	Unique code assigned to each cave	Number
Name	Name of cave + alternative names	Text
Location	UTM or Lat/Long coordinates; elevation	Numbers
Area	Name of protected area, province, etc	Text
Access description	Description of how to reach the cave	Text
General description	Description of the cave	Text
Length	Surveyed length	Number
Depth	Surveyed depth	Number
Technical description	Description of technical aspects and equipment	Text
Dangers	Description of exploration dangers	Text
Significant values	Description of reasons for significance	Text
Energy level	Energy level rating	Option

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Current use	Management classification	Number
Special purpose	Reason for special purpose class	Text
Comparison site code	Code number for the cave's comparison site	Number
Manager name	Name of managing department, group, etc	Text
Year of management	Year in which current management started	Number
Management descript	Brief overview of current management	Text
Management plan	Number of management plan document	Number
Impacts	Baseline of current impacts	Option
Threats	Baseline of current threats	Option
Vulnerable aspects	Features, areas, impacts or threats for monitoring	Text /
Monitoring	Dates of monitoring trips and results	Date/text
Visitors	Number per year or names and dates	Num/text
Other management data	Other data related to management	Text
Map of cave	Link to a file	Hyperlink
Map of catchment area	Link to a file	Hyperlink
References	List of numbered references	Number
Other data	Links to other databases, e.g. geology, biology	Hyperlink

7. Management without data

Principle – in the absence of data, assume that all caves are significant

Managing without data:

- Even caves that appear insignificant at first may actually be of great value
- Management should be protective only
- Protection should only be attempted where there is an immediate threat
- Be prepared to change the management plan as data becomes available

8. Funding allocation

Principle – funding is usually in short supply, spend it wisely

Assessing and classifying caves helps with funding allocation by:

- Setting management priorities by identifying the caves in most urgent need of action
- Identifying caves with a realistic potential for beneficial and sustainable use

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cave Management

Principle – maintain the integrity of caves through protection, sustainable use and education

Cave management aims to:

- Maintain the natural processes acting upon caves, e.g. hydrological, atmospheric, biological, solutional
- Maintain the natural environment of caves, e.g. atmosphere, temperature & humidity
- Protect the natural features of caves, e.g. sediments, speleothems, fauna
- Protect the cultural features of caves, e.g. archaeological and cultural artifacts, history
- Keep impacts to a minimum
- Detect deterioration, repair it and slow down further damage
- Provide economic and social benefits
- Improve peoples' understanding of caves

1. Whole area management (Elery lecture?)

Principle – proper protection of a cave is only achieved if the entire catchment area is also protected

Catchment area protection:

- Define the area and include a buffer zone
- Limit development and initiate impact mitigation schemes
- Enclose the catchment within the protected area containing the cave
- Set up cooperative agreements with other concerned agencies and groups
- Difficult yes, but not impossible

2. Site Selection

Principle – correct use of a site can minimise many problems

Apply the cave to the use and *not* the use to the cave:

- Assessment of the cave will determine what it is suitable for, if anything
- Location, location and location – all important for public access caves
- Energy level – low energy caves too vulnerable for tourism; ultra-high energy caves 'repair' the infrastructure; high energy caves are more suited
- Restore and redevelop 'old' public access caves before developing new ones
- Where guano, swiftlet nests and water supplies are diminishing, look for unsustainable extraction practices and correct them before opening new caves
- Comparison caves should be near to and of similar aspect to the cave they are paired with
- Different parts of the same cave may be selected for different use

3. Cave restoration

Principle – repair and clean the damage caused by people

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Strategies for cave restoration:

- Assess the state of the damage and formulate a plan
- Remove all rubbish and old, unused development structures
- When removing old concrete, be careful not to take the sediment stuck to it as well
- When concrete is stuck to a rock floor, carefully chip it away
- Old, organic material should be removed gradually and not all at once
- Compacted sediment floors can be physically broken up
- Freshly broken speleothems can be 'stuck' back together using epoxy glue and stainless steel pins
- Large, robust speleothems can be brushed or gently scrubbed by hand with water. Pressurised water jets can be used to clean large areas.
- Small, delicate speleothems can be gently brushed or left alone
- Soot and non-paint graffiti can be sprayed off or gently scrubbed by hand with water
- Painted graffiti can be dissolved with sulphuric acid solution, gently scrubbed if necessary and rinsed thoroughly
- Lampenflora can be scrubbed off with a 5.25% solution of Sodium Hypochlorite (bleach) and rinsed thoroughly
- Algae is best sprayed with undiluted bleach, left for 3-5 days and then rinsed thoroughly
- Transplanting of cave fauna does not usually work and can create new problems. It is best not to attempt it.
- Archaeological material can be gently dry brushed
- When brushing or spraying always have some method of removing the waste from the cave, e.g. collect dry lint and dust in a pan, channel water away into installed drains
- Look at old gates and structures to see if they impede the natural flow of air, water, and animals into and out of the cave. If they do, replace them with better designs.

4. Protective strategies for caves

4.1 Secrecy

Principle – simply not telling anybody about a particular cave is a form of protection

Secrecy has the following advantages:

- Simple, cheap and quite effective in the short term
- There will be no public interest and therefore no pressure to develop the cave
- Visitor numbers will be very limited

Disadvantages of secrecy:

- Other people will be unaware of the caves' significance and that their actions could cause damage
- The data may be lost due to computer failure, fire, etc.
- The information will get out sooner or later

Remember – misinformation and lies should never be used to protect caves. All it does is cause confusion for everybody, including managers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Gating

Principle – keep casual visitors out of sensitive caves

Problems with gates:

- Gates can severely impact the cave environment by changing air and water movements
- Gates can severely limit the movement of animals in and out of the cave
- Only after all other options have been exhausted should a gate be considered

Gate design (if there is no alternative):

- Install the gate as soon as possible after discovery of the cave
- A fence encircling the entire entrance area is much better than a door on the entrance itself
- Gates need to be strong and lockable
- The locking mechanism must be designed so that it can be opened from the inside without a key (emergency)
- Do not alter the cross-sectional shape of the passage
- Do not build a raised, solid wall across the floor
- Leave a hole big enough for the passage of porcupines, rats, crickets and other troglodytes
- Bar spacing for a bat gate should be at least 15cm vertical and 120cm horizontal
- Some bats prefer a gate placed inside the entrance where it is dark and predators are fewer
- Some species of bat do not tolerate gates at all and will leave the cave
- Large bat colonies cannot pass through gates
- Airtight doors are needed for entrances that were naturally sealed before being dug open
- Put up a sign explaining the procedure for applying for permission to enter the cave

See Hunt and Stitt, 1981, and later updated editions for details on gating caves.

4.3 Permit systems

Principle – limit visitation in sensitive caves to people with permission only

The way a permit system works:

- The cave is closed off to casual visitation
- People wishing to visit the cave apply to the manager for permission to enter
- The manager assesses the application and either: grants permission, issues a permit (usually a written letter) and arranges access (perhaps by loaning a key to the gate); or denies permission.
- The permit may cover one trip or a series of trips

Limiting permission, for example, to people who:

- Have a recognised qualification, e.g. cave leadership certificate (UK)
- Have previously demonstrated a responsible attitude towards cave conservation
- Have a legitimate reason to enter, e.g. surveying, research, monitoring, cleaning, etc

Advantages of a permit system:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Very effective for limiting and monitoring visitor numbers
- Visitors follow minimal impact codes more closely as violators can be easily identified (violators will not be granted permission to this or any other cave again)
- Impacts are reduced
- Overcrowding can be avoided by setting specific dates for trips
- Good opportunity to spread conservation messages

Disadvantages:

- Increased bureaucracy
- Higher level of protection needed to prevent casual visitation
- There will always be people who try to 'sneak' in – sometimes successfully

5. Strategies aimed at the sustainable use of caves

5.1 Carrying Capacity & VIM

Principle – people are not cows

The concept of 'carrying capacity' is out of date and no longer used in cave management:

- Carrying capacity was originated by farmers wanting to maximize profits by putting the optimum number of cows on each unit area of field
- Conservationists took the idea and twisted it into a limit on the number of people allowed to visit a site, the limit being set below the point where impacts become unacceptable
- *All* visitors to caves cause impacts so the effective carrying capacity of *all* caves is zero
- Cave managers accept that impacts are inevitable and aim to minimise them

Visitor Impact Management (VIM):

- Recognise the caves' significant features
- Recognise which areas within the cave are vulnerable
- Recognise potential threats and impacts
- Create a baseline of data for existing impacts
- Look out for the appearance of new impacts and/or damage in areas not previously impacted
- Monitor for cumulative impacts
- Apply management practices that reduce the impacts caused by visitors, e.g. boardwalks
- Educate visitors on cave conservation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Make use of minimal impact codes for cave visitors

Minimal Impact Caving Code, 1995 – Australian Speleological Federation
(summarised):

1. **EVERY** caving trip has an impact. Is the trip into the cave necessary? Is there an alternative, less vulnerable cave that can be visited?
The trip leader should have prior experience and knowledge of the cave, its sensitive features, anchor points and reduce the need for unnecessary exploration.
3. Move slowly.
4. Beginners should be close to an experienced caver who can help when required.
5. Keep the team size small – 4 is a good number.
6. Move as a team and help each other. Do not split up unless it reduces impacts. Move at the speed of the slowest team member.
7. Constantly watch your head **AND** the heads of your team members. Warn them before any damage is likely to happen.
8. Keep caving packs small or do not use them at all.
9. Do not wander around the cave unnecessarily.
10. Stay on marked or obvious paths. If there is no path – define one.
11. Learn to recognise deposits and features that can be damaged by walking or crawling on them.
12. Take care when placing hands and feet.
13. Wash your caving clothes regularly to reduce the spread of fungi and bacteria between caves.
14. If a site is obviously being impacted, find an alternative route in which impacts will be lower. Inform the management of the damage and the alternative.
15. Carry in-cave marking materials to replace missing markers and tape off sensitive areas or areas being damaged. Inform the management of the damage.
16. If it is necessary to walk on flowstone, remove dirty boots and clothing or **DO NOT** proceed. Return later with better equipment.
17. Treat cave biota with respect. Watch out for them, avoid damaging them or their traps and avoid directly lighting them.
18. Bone material found on existing or proposed paths should be moved to a safer location. Collection should only be undertaken with appropriate permission.
19. Eating food in a cave should be done over a plastic sheet to catch falling food fragments and then removed.
20. Ensure that all foreign matter is removed from caves including human waste.
21. Protect natural anchor points with cloth, carpet or a caving pack. Only use bolts where natural anchor points are inappropriate.
22. **CAVE SOFTLY!**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Minimal Impact Caving Code – National Speleological Society, USA:

1. Take nothing but photographs

Do not move or remove rocks, sediments, speleothems, animals, fossils, archaeological remains, religious and cultural artifacts, etc.

(N.B. The light from flashes can disturb bats and other cave fauna)

2. Leave nothing but footprints

Do not leave spent batteries or calcium carbide, candle wax, litter, food and drink scraps, graffiti, bodily wastes, etc.

(N.B. Walk along a single, narrow footpath. Remove dirty shoes to walk on delicate floors.)

3. Kill nothing but time

Do not disturb, harm or kill any cave animal – invertebrate, fish, bat, snake, etc. Do not smoke cigarettes, light fires, touch speleothems, etc.

(N.B. Do not spend too long in any one place. Body heat and breathing can alter the

5.2 Resource extraction

Principle – resource extraction from caves can be sustainable if done properly

Reasons for allowing resource extraction:

- Many people may already rely upon the resource, especially if an industry has built up
- The resource may have great economic value, e.g. swiftlet nests
- If the benefits go to the local community, other pressures such as hunting and deforestation can be reduced

Water supply:

- Assess the quantity and quality of the supply
- Determine the source (catchment area)
- Maintain water quality by protecting the catchment
- Never dam cave entrances

Guano extraction:

- Assess the size and extent of the deposit
- Assess the rate of replenishment
- During extraction try not to disturb the bats – be quiet, do not light fires, do not shine torches at the bats, etc
- Extract only fresh guano and do not dig into old floor sediments
- Infrequent extraction is better than more often
- Extraction at night when most of the bats are outside is preferred
- Do not extract during the breeding season
- Always leave some guano for the other cave fauna
- Monitor the bat population and modify the extraction strategy if a decline occurs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Review existing permit systems and change if necessary. Develop a permit system if there isn't one

Swiftlet nests:

- Determine the species and the size of the colony
- During harvesting try not to disturb the birds – be quiet, do not light fires, etc
- Harvest once before egg-laying and have a closed season of 140-160 days to allow breeding (timing changes depending on the species)
- Nests with eggs or live young should be left untouched
- Harvesting during the day when most of the birds are outside is preferred
- Promote the use of empty buildings instead of caves
- Monitor the bird population and modify the extraction strategy if a decline occurs
- Review existing permit systems and change if necessary. Develop a permit system if there isn't one

5.3 Monitoring

Principle – watch for increased impacts and deterioration

To monitor impacts:

- Create a baseline of data from a series of surveyed locations, e.g. visual inspection, photographic, lint catchers, population size or density of certain species, temperature and humidity, water quality, etc.
- The baseline needs to take into account seasonal and other variations, so collect data for at least one year before managing
- Set an initial timeframe for monitoring trips based on the timing used for the collection of the baseline data
- Use the same equipment and locations for monitoring as used for the baseline
- Use the same camera, flashes, positions, film and exposure for photographic monitoring
- Increase monitoring trip frequency for heavily visited caves or where impacts are seen to be worsening
- After management begins, monitor additional factors such as visitor numbers, amount of guano extracted, etc.
- Do not forget to monitor comparison sites as well! Use the same regime as that used in the managed cave
- If deterioration is detected implement repairs and measures to slow down further damage

6. Cave tourism

Principle – entertain and educate tourists in a pleasing, interesting, safe and conservation-minded manner

6.1 Tourist cave design

Principle – designing tourist caves requires careful thought

Some considerations:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- The most suitable cave for tourism is not necessarily the most beautiful
- Create a management plan covering all aspects – significance, vulnerability, restoration, development, infrastructure, lighting, role of guides, interpretation, monitoring, etc.

6.2 Trails

Principle – walking trails are perhaps the single most important piece of infrastructure in a tourist cave

Walking trails:

- Protect the natural cave floor (often a cave's most important asset)
- Restrict the movement of tourists and keep them away from fragile features
- Provide a safe, comfortable walking surface
- Instill a sense of respect for the natural cave floor

Trail design concepts:

- The natural cave floor is unsuitable – damage caused, slippery, uneven, etc.
- Separate the tourists from the natural floor to instill respect (probably need to be explained as well)
- Raised boardwalks are best, but may be expensive
- Trails can be used to hide electric cables, water pipes and other facilities
- Raised sides will help keep tourists on the trail, provide a place for mounting trail lights and help catch lint
- Steps should be less than 15cm in height, preferably 10cm
- The edges of steps should be highly visible, perhaps in a different colour
- Railings are needed to keep tourists on the trail

6.3 Lighting

Principle – display the cave and its features and provide light for walking safely

Problems with artificial lighting in caves:

- Electricity and the damp cave environment are a dangerous combination
- Heat, humidity and air current changes
- Lampenflora

Artificial lighting systems in caves:

- Use 12-volts instead of 120 or 240 volts (cooler and safer)
- Use a variety of spots and wide spread lights for visual effect
- Highlight certain features
- Light the walking trail
- Leave parts of the cave in the dark
- Aim the light away from tourists' eyes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Use only white lights as these show off the caves' natural colours better (coloured lights belong in discotheques)
- Can be switched on and off at key places for visual effect and to reduce lampenflora
- Are well maintained
- Have an emergency system to light the trail in the event of failure; this needs to run off an independent power supply (batteries)
- Used to light informative signs

6.4 Materials

Principle – use cave-friendly materials

Materials should be:

- High quality to reduce the chance of impurities
- Non-toxic
- Non-rusting
- Non-biodegradable
- Chemically inert
- Strong

Comparison of some commonly used cave infrastructure materials:

Use	Good material	Poor material
Trail	Recycled plastic wood Concrete blocks/slabs Unglazed ceramic tiles	Natural cave floor Poured concrete Wood Glazed or polished tiles
Railings	Recycled plastic wood Stainless steel	Zinc plated steel Wood
Fill	Pure, clean silica sand	Sand with impurities Cave sediment
Fittings, bolts, etc	Stainless steel	Steel
Lights	Plastic & waterproof	Metal & not waterproof
Cables	Plastic coated	Rubber coated
Switch boxes	Plastic & waterproof	Metal & not waterproof
Pipes	Plastic	Metal
Signs	Recycled plastic wood Perspex	Wood

6.5 Guides or self-guided?

Principle – guides are much more than interpreters

Guides:

- Very, very difficult job to do well
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Interpret the cave
- Interact with tourists
- Keep control of tourists
- Motivated, adaptable, polite and charismatic guides = satisfied tourists

Reasons for having guides:

- The cave is better protected
- The tourism experience is more enjoyable than 'self-guided'
- More information can be related than with signs

6.6 Interpretation

Principle – educate tourists about the cave and its values

Interpretation:

- Keep it simple and stupid (KISS)
- Be accurate
- Be subtle
- Avoid fantasy
- Use concepts rather than facts
- Give tourists a sense of respect for caves

Possible interpretation topics for a general cave tour (not in any order except for the first):

- Hello and welcome
- Who discovered the cave and when?
- Role of water, air, soil, rock and time – surface and underground processes, position of the cave as a part of karst, solution of limestone
- Shape of the cave – geology
- Speleothems – types, mineralogy, growth rates
- Cave animals – types, guilds, ecology (food supply, food web, etc.)
- Historical cave uses – archaeology, culture
- Fragility of the cave – conservation

Considerations for improving tourist experience through interpretation:

- Write a script, but make it a broad outline of topics and not a word-for-word story
- Let the guides introduce their own ideas (after checking them)
- Offer specialist tours, e.g. geology tour, biology tour, archaeology tour
- Let tourists ask questions (stimulated through guide interaction)
- Lighting and trail design is an important part of interpretation
- Does anybody actually read signs?

Remember – the knowledge gained by tourists at your cave will be taken onto other caves that they visit. If the knowledge gained is conservation based, other caves will benefit.

6.7 Other considerations

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Other things that need to be considered are:

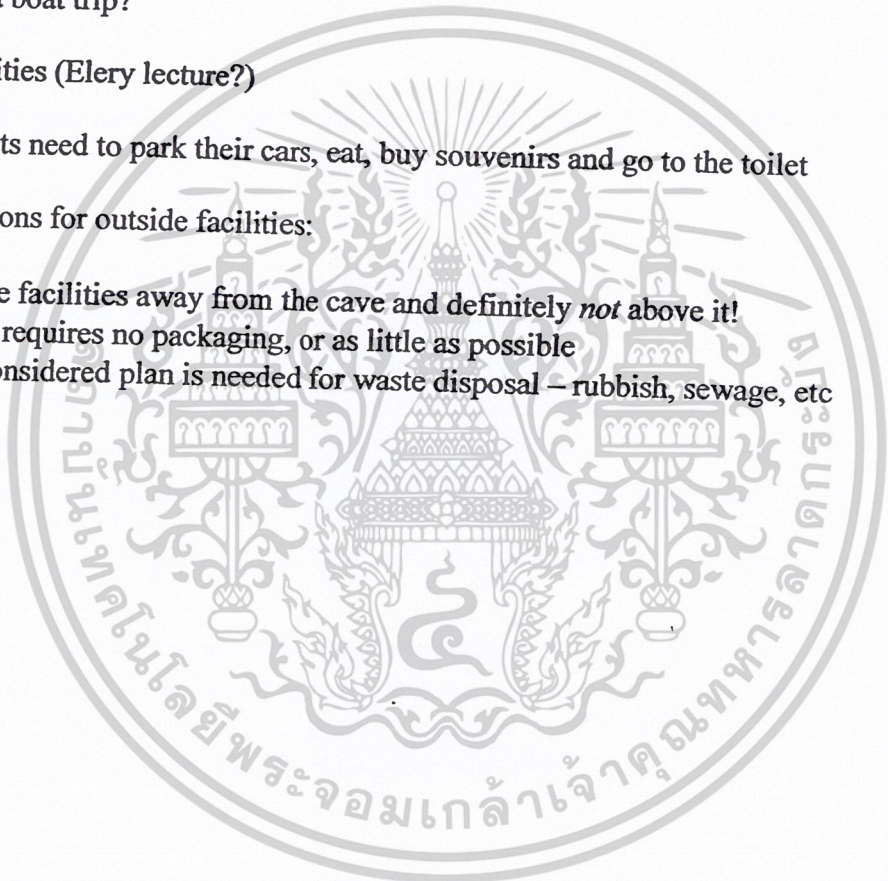
- If a cave has a hostile or uncomfortable natural atmosphere – find a different cave. Do not install a ventilation system.
- At some point it *will* become necessary to clean the cave – install water pipes and a drainage system
- Tour times should aim to last about 30 minutes, no longer than 1 hour
- Guide to tourist ratio = 1 guide for every 4 tourists (Elery – is this correct?)
- All infrastructure may need to be removed or replaced in the future, consider using ‘knockdown’ structures – this may be necessary in caves with seasonal flooding anyway
- What about a boat trip?

6.8 Outside facilities (Elery lecture?)

Principle – tourists need to park their cars, eat, buy souvenirs and go to the toilet

Some considerations for outside facilities:

- Locate surface facilities away from the cave and definitely *not* above it!
- Sell food that requires no packaging, or as little as possible
- A carefully considered plan is needed for waste disposal – rubbish, sewage, etc



References and further reading

- Davey, A. and S. White. 1986. Victorian caves and karst: strategies for management and catalogue. Report to Victorian Department of Conservation, Canberra. ix + 315 pp.
- Gillieson, D. 1996. Caves – Processes, Development and Management. Blackwell Publishers, Oxford, UK. 324pp.
- Hill, C. and Forti, P. (eds). 1997. Cave Minerals of the World (second edition). National Speleological Society, Huntsville, Alabama. 463pp.
- Hunt, G. and Stitt, R. 1981. Cave gating – a handbook (second edition). National Speleological Society, Alabama. v + 60pp.
- Watson, J., Hamilton-Smith, E. Gillieson, D. and Kiernan, K. (eds). 1997. Guidelines for Cave and Karst Protection. IUCN, Gland, Switzerland. 63pp.
- Smart, D. 2000. Cave management classification in Thailand: modification of the Australian scheme. Natural History Bulletin of the Siam Society. 48. 165-175.
- Wilkins, H., Culver, D.C. and Humphreys, W.F. (eds). 2000. Ecosystems of the World 30 – Subterranean Ecosystems. Elsevier, Amsterdam. xiv + 791pp.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tourist Caves

Tourist Caves can simply be defined as those displayed to be the general public in return for a fee or other financial consideration. The history of this tradition dates back to at least the early 17th century. These caves may be managed by governmental agencies, non-governmental organisations (e.g., speleological clubs, religious communities), and individuals or corporations operating as a commercial business.

People have always been fascinated by caves for a wide variety of reasons – mystery and curiosity, fantasy, appreciation of beauty and probably many others. So, it is not at all surprising that visiting caves became commercialised. In the words of a 15th century commentator on village markets, “No sooner does one man find a way of enjoying himself, than another finds a way to make a penny from it.”

But underlying this process, there are a diversity of objectives expressed by owners and managers. Some doubtless see the financial benefit to themselves as sufficient objective. Others wish to share their enthusiasm for the beauty and wonder of caves with other people; some wish to use caves as a wonderful opportunity for environmental appreciation or education; others see them as a site for spiritual experience, prayer or meditation.

This article will deal in turn with the following aspects of tourist caves:

- Visitor experiences,
- Approaches adopted by management to shape these experiences to meet their own assumptions, values or objectives,
- The physical infrastructure used to facilitate access to the caves, including possible guidelines for its development,
- Real and potential impacts of tourism in karst areas
- Assessment and monitoring of both environmental change and visitor experience in order to guide corrective action in conservation or tour management.

Visitor experiences are largely shaped by management practices and the kinds of opportunities made available to the public. Because most visitors have little understanding of possible alternatives in tour management, the result is a closed and self-reinforcing circle, where visitor expectations become what is already offered, rather than seeking new and different kinds of experience. All too often, the experience is a stereotyped one, where visitors are allocated to groups and led through a brightly lit cave along a (usually) concrete pathway by a guide who talks at the group, giving his or her version of what they are seeing.

The visitor experience thus ranges from boredom to a general level of satisfaction in which the key dimension is often the personality and approach of the guide rather than any quality of the cave itself. Guides may recognise this and give considerable attention to customer relations, or alternatively, offer a dramatic or comic performance to their visitors. However, today a gradually widening diversity of opportunities is offered in the attempt to enhance visitor experience and retain market share in an increasing competitive tourism marketplace.

It is perhaps useful at this point to consider the experiences which are least often provided. Being alone in the cave is only very rarely provided, and then usually

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

unintentionally. Yet those who have been alone in a cave often speak of this as a very special and highly valued experience. One young woman who was able to walk alone into a cave and then turned her light off to sit in the dark said afterwards, "I could hear the Earth thinking!" Even if not alone, there is rarely a genuine opportunity for peaceful meditation, although some may find this during an unguided tour. Personal inquiry and investigation is all too rare, although some guides with a sense of creativity are able to turn even a group tour into a personalised quest and experience of inquiry. Even some so-called 'adventure' tours are simply another version of the stereotyped tour, distinguished only by the absence of constructed paths and fixed lighting.

An increasing problem for guiding practice is the multi-lingualism of visitors. Some countries give attention to linguistic skills in selection of guides and may provide printed materials in a wide range of languages. Alternatively, they may seek the support of international tourism agencies in provision of interpretation. Others rely entirely upon unguided tours, sometimes with signs highlighting special features through photographs or other visuals. Still others simply leave it all to the unfortunate guides, who may simply shout louder in the hope that somehow, this may enhance their communication!

In broad overview, the talking to visitors is usually termed interpretation, but is based in an extremely simplistic view of interpretation as the straight-forward communication of the guide's cognitive perspective on the cave. The emotive and affective experience of the cave is either ignored or forgotten. A more radical view of the problem that is gaining increasing support is that the interpretation, even if well done, is endeavouring to compensate for poor presentation of the cave experience. From this perspective, the whole manner of presentation must be reviewed with a view to making the cave experience much more self-evident to the visitor.

Contemporary approaches to the enhancement or improvement of visitor experience include:

- Training of guides who provide the traditional guided tour to offer a more interesting presentation and to increase the actual involvement of visitors in shaping of the cave experience.
- The guide may accompany rather than lead the party, joining in conversation with visitors rather than delivering a formal presentation.
- Altering the lighting arrangements within the cave to provide an ambience of drama, mystery or a highlighting of special features while leaving other parts of the cave in virtual darkness.
- Offering unguided (often called self-guiding or self-timing) tours where visitors move through the cave at their own pace. Effective tours of this kind normally still provide a staff presence within the cave for both safety and visitor comfort reasons and as an information source in responding to visitor questions.
- Particularly in Asia, many sacred sites and temple caves offer what amounts to an unguided tour in which visitors move through at their own pace. Some of these may provide the opportunity for prayer or meditation. Many have elaborate shrines or other constructed development to enhance the religious experience.
- Such tours may also be offered without fixed lighting other than the cave pathway but providing each visitor with an appropriate hand-held light to carry out their own search for interesting features.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Walking routes through surface karst features are increasingly popular, but rarely is the opportunity taken to genuinely demonstrate the relationship between surface and subterranean features.
- Commonly termed Adventure Tours, some will issue visitors with helmets and overalls and they will be conducted through totally undeveloped caves.
- Providing the opportunity for guides to work as field assistants in research programs at the cave or park for which they have responsibility so that they are better able to communicate the nature of scientific research to visitors.
- Providing for current researchers or other cave scientists to undertake leadership of tours as guest guides on special occasions.
- Restoration of caves is becoming increasingly important, and a restored cave may even become a special feature in itself (e.g., Bell 1994).
- Further, restoration often provides an opportunity to involve members of the general public in work teams, and hence to immensely deepen their appreciation of the cave environment.
- Various forms of artificial entertainment may be provided with screening of video tapes, holographic presentations, use of sound and light or dramatised presentations, staged performances and even the use of robots. Unless these are of outstanding merit, they probably do more to detract from the natural values of the cave than to accentuate them
- Movement through the cave may be assisted with some form of vehicular transport. The most long-standing and well-known example is probably the miniature train at Postojnska in Slovenia. Other examples include boats, buses with a transparent top or other motorised vehicles. If these are done tastefully and appropriately they may even enhance the experience rather than simply be a practical convenience. Certainly the spectacular boat journey in the lower levels of the Jeita Cave (Lebanon) or the two-kilometre voyage through Ghar Alisadr (Iran) are regarded as two of the highlights of contemporary cave tourism experience.

The in-cave experience may be supported with various presentations on the surface. Although sometimes these are totally irrelevant to the cave, they often include visitor centres with diversity of interpretive information or other scientific displays. A few of these are now providing clear information on conservation and tour management to enhance visitor understanding of the opportunities and constraints in cave tourism. The more elaborate may include museum level presentation (e.g. Waitomo Museum of Caves). At the Naracoorte World Heritage Area, visitors to the Wonambi Fossil Centre see computerised robots of extinct species within a reproduction of a Pleistocene forest and swamp. Alternatively, they may visit the Bat Interpretation Centre where they view real time video imagery of the immense population of bats in one of the caves.

For many years, guide books of varying quality were made available to visitors. Currently, they are more likely to find only a choice of brightly coloured postcards, folders or brochures, or photographic books. However, there are still outstanding examples where visitors are able to obtain quality guides and environmental books that relate either to the cave or to the region as a whole. A small number of sites also offer videotapes or compact disc presentations. A diversity of souvenirs and gifts may also be available but rarely contribute to the understanding or appreciation of the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cave itself. Regrettably, in some countries speleothems taken from the caves are themselves sold as souvenirs, thus giving respectability to continuing vandalism.

A major opportunity for improved practice is provided by the various regular or occasional conferences of cave and karst managers. Regional conferences have been held regularly in Australasia (since 1972) and the United States (since 1975), while international conferences are now convened (since 1990) by the International Show Caves Association (ISCA). Australia and New Zealand also have a continuing professional association: the Australasian Cave and Karst Management Association (ACKMA). The published proceedings of these conferences provide a growing body of significant literature on cave management.

The physical infrastructure in caves may have been in place since the 19th Century and hence, to have acquired an historical value. Even much of that installed more recently has repeated the old pattern of extensive modification to the natural structure of the cave, neglect and often destruction of the floor with its extensive deposits and other evidence of regional geoclimatic history, with insensitive and excessive lighting intensity.

There are very few explicitly published guidelines to preferable patterns in such infrastructure. Various engineering or accessibility standards may set structural and dimensional requirements for stairs, pathways and the like but these are generally based upon building codes and not sensitive to natural environment or conditions. The outstanding examples of environmental sensitive codes come from Australia, where the *Burra Charter* (1999) provides guidelines for conservation management of cultural sites and the *Australian Natural Heritage Charter* (1996) provides similar guidelines for natural sites. Where a present installation has attained historic significance, any redevelopment should consider the principles provided in the Burra Charter while any cave development of infrastructure should recognise the Natural Heritage Charter.

A number of guidelines are provided and some of those which have particular relevance to cave presentation and conservation management include:

- In so far as possible, conservation management should only exercise minor interference or modification to the natural environment and only in so far as this is necessary to ensure conservation. Additions should only occur if they do not alter the natural characteristics of the site.
- These additions must be clearly identified in one way or another, so that no confusion will arise between natural and introduced matter.
- Any additions to the site, for instance pathways for access purposes, should be designed and constructed in such a way that they can be readily removed, allowing for complete reinstatement of natural conditions. (Obviously this precludes the traditional poured concrete pathways of many tourist caves).
- Comprehensive and detailed records should be kept of any modifications so that if necessary those modifications can be reversed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Underlying Principles of the Australian Natural Heritage Charter

- Intergenerational equity means that the present generation should ensure that the health, diversity and productivity of the environment is maintained or enhanced for the benefit of future generations.
- The principle of existence value is that living organisms, earth processes and ecosystems may have value beyond the social, economic or cultural values held by humans.
- The principle of uncertainty accepts that our knowledge of natural heritage and the processes affecting it is incomplete, and that the full potential significance or value of natural heritage remains unknown because of this, uncertain state of knowledge.
- The precautionary principle is that where there are threats or potential threats of serious or irreversible environmental damage, lack of full scientific certainty should not be used as a reason for postponing measures to prevent environmental degradation.

The Charter is also accompanied by the *Natural Heritage Places Handbook* (1998) as a more detailed practical guide to action. Cave managers in Australia have also done considerable work in towards the development of practical guidelines (e.g., Spate et al 1998, Hamilton-Smith et al 1998) Currently, the process has commenced to develop and publish an international guidelines document to further improved practice in conservation management of tourist caves and other sites on karst lands.

Tourism generates wide range impacts on karst sites, and particularly upon tourist caves themselves. On the surface, the most obvious impacts relate to the changes in vegetation and increase in soil erosion that simply results from visitors walking about the environment. Other issues include the increased demand on water reserves, problems of both solid and liquid waste disposal, increased vandalism, changes in the ecology due to disappearance of some species and the entry of invasive species. Every effort should be made to minimise these impacts but usually, it will not be possible to eliminate them.

The most damaging impacts within the cave are currently a result of management actions in the development of inappropriate infrastructure and other destructive actions. These may well be reduced significantly at the planning, design and construction stages but otherwise may demand very significant redevelopment if they are to be dealt with properly.

One of the implementation issues in conservation management is the common practice of many work crews to leave behind minor debris resulting from their work. Metal fragments from fabrication of guardrails, or cuttings of electric wiring, often introduce materials toxic to cave fauna. Small clippings of copper will generate carbon compounds toxic to invertebrates, while the cadmium impurities in galvanising are toxic to microbiota and so will inevitably damage the integrity of cave soils.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Probably the most intractable of impacts which result directly from the presence of visitors, is the accumulation of lint, consisting of fibres from clothing, dust carried in by visitors and flakes of human skin. Visitors may also leave behind less visible evidence of their presence in the cave, including invasive species, some of which may be microbiota. Other impacts such as changes in temperature, relative humidity and the level of carbon dioxide in the cave may have a significant impact in low energy caves and, in conjunction with artificial lighting, may have further and more drastic effects.

The phenomenon of lampenflora is a well-known one and results from the algal and other plant growth as a result of changes in micro-climatic conditions and inappropriate levels of artificial light. Again, the best prevention of lampenflora can be achieved at the design, planning and construction stage. Its occurrence is simply evidence of poorly designed, excessive and/or wrongly located lighting. When it has occurred it should be removed as its continuing presence actually damages the rock substrate, and this can be most easily accomplished by using a very dilute sodium hypochlorite solution.

A vital part of good conservation management in any tourist area is the assessment and monitoring of change. It is useful to emphasise the distinction that assessment is the process of making judgements about the significance and necessary action to deal with changes; monitoring is simply the act of consistent measurement of those changes in order to provide a database for assessment. A number of basic parameters should be subject to continuous monitoring simply to provide comprehensive knowledge of the environment including both seasonal changes and any extraordinary changes. The parameters which might be included in both surface and underground monitoring include temperature, relative humidity, carbon dioxide levels, the levels of radon and radon daughters, water quality and flow levels, wind and other air movement patterns. Careful consideration must be given to measurement sites and such questions as the extent to which specific microclimates might demand attention.

Further monitoring will doubtless arise in any one situation in order to deal with identified problems or potential problems. This may well be on a continuous basis but where peak events (e.g. flooding) are of significance then special measurement and monitoring may need to be undertaken during these events.

Monitoring also needs to relate to, and often be supported by, genuine research. Common assumptions about the nature and cause of problems may well be incorrect and if these problems are to be dealt with, it will be necessary to carry out research in

Although, there is a genuine awareness of the need for environmental monitoring and it is commonly done in many karst areas, the quality of visitor experience has not been subject to the same level of research and enquiry. Given the dependence of many tourist caves upon a continuing flow of visitors, it is vital that the assessment of visitor experience be systematically carried out. However, it is more than this – perception and assessment of environmental quality by visitors is as important as that by managers. Visitors are often sensitive to issues which managers take for granted, while at the same time, managers may well be sensitive to issues of which visitors are totally unaware. Thus, the program of assessment and monitoring needs to integrate both environmental and experiential monitoring (Hamilton-Smith 2002) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Systematic participant observation properly coupled with informal interviewing is a very powerful tool in monitoring of experience. Just as one simple example, observation tells us that the concern of managers with minor vandalism carried out by visitors on cave tours is generally carried out by visitors at the rear end of tour groups. They probably cannot hear the guide and certainly become bored.

Another successful example specifically examined motor coach tours to a major cave destination. The researcher rode with bus tours to the destination, shared with passengers over lunch and joined with their cave tour, then rode the bus back to the starting point. This study not only identified a number of organisational problems that were detracting from the experience, but also identified a major but previously unrecognised problem in the telling of inappropriate (often anti-environmental) jokes and anecdotes told by tour drivers. However, observation alone is not enough but there should be regular surveys of visitor values, attitudes and experience, perhaps accompanied by occasional special studies that focus in more depth on revealed problems.

An interesting example of a survey study was carried out at Waitomo by Doorne (1998) in an examination of perceived crowding. Actual crowding was self-evident, and was the most common source of complaints from visitors. Doorne found that while visitors of European origin defined crowding as being tightly forced into a small space with many other people (as happened during most cave tours). Asian visitors, by contrast, defined crowding as having to join a queue in order to purchase tickets, and then again to actually join a tour. This greater understanding enabled the managers to develop more effective strategies to deal with the problem than was previously the case.

The most potent approach to minimising undesirable impacts is undoubtedly ensuring the best attainable practice in planning, designing and developing tourist caves and related tourism opportunities. Many problems are predictable and can be greatly reduced by effective planning in advance, and by not repeating the mistakes of the past.

This article can only be a brief review of issues and contemporary trends. There are, in addition to the specific references provided below, an immense number of sources of information available. At the descriptive level, many countries published directories of tourist caves, or even major guidebooks covering all cave of the country. These now seem to be less published and utilised than in the past, probably because the Internet provides a cheaper and more flexible access to the same information. See <http://www.showcaves.com/> for an international listing of tourist caves. For further information on tourist cave conservation and visitor management, see the various series of conference proceedings, or search the abstracting services for the proceedings of special seminars.

- E. Hamilton-Smith

Works Cited

AUSTRALIA: ICOMOS. 1999. *The Burra Charter*. Melbourne: Australia ICOMOS.

AUSTRALIA: IUCN. 1996. *Australian Natural Heritage Charter*. Canberra: Australian Heritage Commission and Australian Committee for IUCN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUSTRALIA: IUCN. 1998. *Natural Heritage Places Handbook*. Sydney: Australian Committee for IUCN.

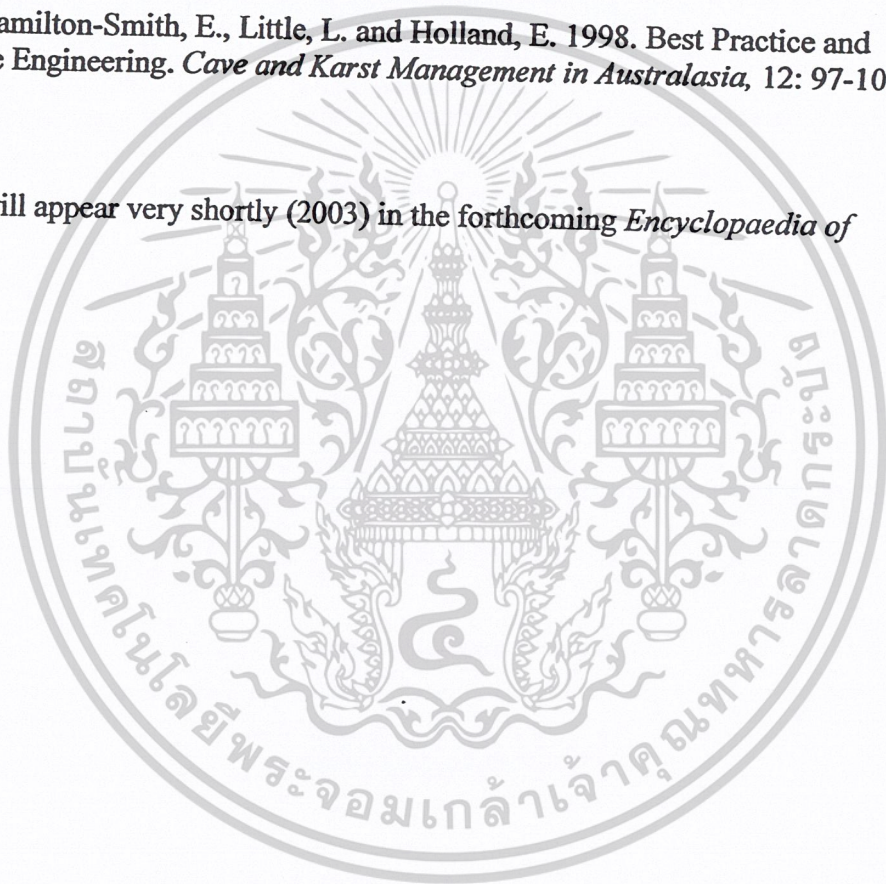
Bell, P. 1994. Moondyne Cave; Development to Guided Adventure. *Cave Management in Australasia*, 10: 9-11.

Hamilton-Smith, E. 2002. Management Assessment in Karst Areas. in Kranjc, A. (ed.) 2002. Proceedings of the meeting on monitoring of karst areas. *Acta Carsologica*, *** currently in press; will notify final details as soon as available.

Hamilton-Smith, E., McBeath, R. and Vavryn, D. 1998. Best Practice in Visitor management. *Cave and Karst Management in Australasia*, 12: 85-96.

Spate, A., Hamilton-Smith, E., Little, L. and Holland, E. 1998. Best Practice and Tourist Cave Engineering. *Cave and Karst Management in Australasia*, 12: 97-109.

This paper will appear very shortly (2003) in the forthcoming *Encyclopaedia of Caves*.

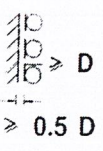

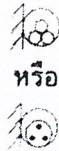






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง.
ตารางค่ามาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสาย (mm ²)	ขนาดกระแส (A)						
	วิธีการเดินสาย						
			 หรือ 				 หรือ 
	ก	ข	ค		ง		จ
ท่อโลหะ			ท่อโลหะ	ท่อโลหะ	ท่อโลหะ		
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	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

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า

หมายเหตุ อุณหภูมิโดยรอบต่างจาก 40 °C (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) หรือ 30 °C (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ) ให้คูณค่าขนาดกระแสด้วยตัวคูณลดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-11)

- 1) D = เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของสายไฟฟ้า
- 2) ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้งเป็นไปดังนี้

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้ง
ก		<ul style="list-style-type: none"> สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ
ข		<ul style="list-style-type: none"> สายแบนหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง
ค		<ul style="list-style-type: none"> สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อในอากาศในท่อฝังในผนังปูนฉาบ หรือในท่อในฝ้าเพดาน
ง		<ul style="list-style-type: none"> สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อฝังดิน
จ		<ul style="list-style-type: none"> สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสาย (mm ²)	ขนาดกระแส (A)				
	ลักษณะการใช้งาน				
	ก	ข	ค		ง
	สายเดี่ยว เดินในอากาศ	สายเดี่ยว 3 เส้น เดินในท่อโลหะ ในอากาศ	สายเดี่ยว 3 เส้น เดินในท่อฝังดิน		สายเดี่ยวไม่เกิน 3 เส้น หรือสายหลาย แกนไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง
ท่อ โลหะ			ท่อ อลูมิเนียม		
2.5	36	25	31	28	44
4	47	33	41	36	57
6	60	42	52	46	71
10	82	56	70	61	94
16	110	76	93	81	122
25	148	100	123	107	156
35	184	123	151	130	187
50	224	153	184	156	221
70	286	191	230	197	270
95	356	239	285	241	325
120	417	275	329	277	368
150	481	322	380	318	413
185	559	368	436	363	466
240	672	440	518	430	539
300	782	510	615	501	607
400	921	604	734	586	687
500	1080	686	855	685	773

ขนาดสาย (mm ²)	R ที่ 70 °C	X (Ω/km)	X (Ω/km)	X (Ω/km)
	Ω/km	ในท่อโลหะ	ในท่อโลหะ	เดินบน Rack (เดินลอย)
2.5	8.8658	0.1228	0.1535	0.3559
4	5.5157	0.1146	0.1433	0.3412
6	3.6851	0.1116	0.1395	0.3251
10	2.1895	0.1059	0.1324	0.3087
16	1.3759	0.1035	0.1294	0.2943
25	0.8698	0.0981	0.1226	0.2798
35	0.6269	0.0983	0.1229	0.2661
50	0.4723	0.0933	0.1166	0.2566
70	0.3207	0.0904	0.1130	0.2450
95	0.2309	0.0902	0.1128	0.2347
120	0.1840	0.0879	0.1099	0.2263
150	0.1493	0.0870	0.1088	0.2198
185	0.1196	0.0873	0.1091	0.2127
240	0.0918	0.0865	0.1081	0.2037
300	0.0737	0.0862	0.1078	0.1966
400	0.0587	0.0841	0.1052	0.1889
500	0.0467	0.0850	0.1063	0.1816

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสาย (mm ²)	2 ตั้วนำ DC (mV/A/m)	2 ตั้วนำ AC 1 เฟส		3,4 ตั้วนำ AC 3 เฟส	
		เดินในท่อโลหะ (mV/A/m)	เดินลอย (mV/A/m)	เดินในท่อโลหะ (mV/A/m)	เดินลอย (mV/A/m)
2.5	17.73	17.73	17.73	15.40	15.40
4	11.03	11.03	11.03	9.60	9.60
6	7.37	7.37	7.37	6.40	6.40
10	4.38	4.38	4.38	3.80	3.80
16	2.75	2.75	2.75	2.40	2.40
25	1.74	1.74	1.83	1.50	1.58
35	1.25	1.27	1.36	1.09	1.18
50	0.95	0.97	1.08	0.84	0.94
70	0.64	0.68	0.81	0.59	0.70
95	0.46	0.52	0.65	0.45	0.56
120	0.37	0.43	0.57	0.37	0.49
150	0.30	0.37	0.50	0.32	0.43
185	0.24	0.32	0.45	0.28	0.39
240	0.18	0.28	0.39	0.24	0.34
300	0.15	0.25	0.35	0.21	0.30
400	0.12	0.22	0.32	0.19	0.28
500	0.09	0.20	0.29	0.18	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP
CONDUCTOR TYPE PD-IV AND PD-THW RUN IN METALLIC CONDUIT

CONDUCTOR CROSS SECTION SQ.MM.	AC(r) RESISTANCE AT 70° C IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	INDUCTIVE REACTANCE X IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	Three phase effective resistance per unit length $\sqrt{3} (r \cos\theta + X \sin\theta)$ at 70° c various power factor Ω/KM				
			1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
2.5	8.8658	0.1949	15.3560	14.6936	13.9676	13.2304	12.4874
4	5.5157	0.1811	9.5535	9.1737	8.7349	8.2857	7.8310
6	3.6851	0.1735	6.3828	6.1575	5.8755	5.5837	5.2865
10	2.1895	0.1768	3.7923	3.6983	3.5466	3.3848	3.2176
16	1.3759	0.1712	2.3831	2.3566	2.2741	2.1819	2.0844
25	0.8698	0.1621	1.5065	1.5189	1.4783	1.4285	1.3737
35	0.6332	0.1558	1.0967	1.1262	1.1047	1.0744	1.0393
50	0.4723	0.1533	0.8180	0.8601	0.8520	0.8352	0.8138
70	0.3303	0.1468	0.5721	0.6229	0.6257	0.6202	0.6102
95	0.2425	0.1409	0.4200	0.4751	0.4842	0.4854	0.4822
120	0.1940	0.1412	0.3360	0.3956	0.4090	0.4144	0.4156
150	0.1587	0.1397	0.2749	0.3367	0.3529	0.3611	0.3651
185	0.1281	0.1359	0.2219	0.2843	0.3023	0.3126	0.3187
240	0.1019	0.1319	0.1765	0.2390	0.2584	0.2704	0.2783
300	0.0834	0.1312	0.1445	0.2082	0.2291	0.2425	0.2519

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP
CONDUCTOR TYPE PD-IV AND PD-THW RUN IN METALLIC CONDUIT

CONDUCTOR CROSS SECTION SQ.MM.	AC(r) RESISTANCE AT 70° C IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	INDUCTIVE REACTANCE X IN METALLIC CONDUIT Ω/KM	Single phase effective resistance per unit length $2 (r \cos\theta + X \sin\theta)$ at 70° c various power factor Ω/KM				
			1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
2.5	8.8658	0.1949	17.7316	16.9667	16.1283	15.2772	14.4192
4	5.5157	0.1811	11.0314	10.5929	10.0861	9.5675	9.0424
6	3.6851	0.1735	7.3702	7.1100	6.7844	6.4475	6.1044
10	2.1895	0.1768	4.3790	4.2705	4.0952	3.9084	3.7154
16	1.3759	0.1712	2.7518	2.7211	2.6259	2.5194	2.4069
25	0.8698	0.1621	1.7398	1.7539	1.7070	1.6494	1.5862
35	0.6332	0.1558	1.2664	1.3004	1.2757	1.2406	1.2001
50	0.4723	0.1533	0.9446	0.9931	0.9838	0.9644	0.9396
70	0.3303	0.1468	0.6606	0.7192	0.7225	0.7162	0.7046
95	0.2425	0.1409	0.4850	0.5486	0.5592	0.5605	0.5568
120	0.1940	0.1412	0.3880	0.4568	0.4723	0.4786	0.4798
150	0.1587	0.1397	0.3174	0.3888	0.4074	0.4170	0.4216
185	0.1281	0.1359	0.2562	0.3283	0.3491	0.3609	0.3680
240	0.1019	0.1319	0.2038	0.2760	0.2984	0.3122	0.3213
300	0.0834	0.1312	0.1668	0.2404	0.2645	0.2800	0.2909

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP
CONDUCTOR TYPE PD-THW RUN IN NON-METALLIC CONDUIT
TYPE PD-NYY RUN IN AIR OR DIRECT BURYING IN GROUND

CONDUCTOR CROSS SECTION	AC(ρ) RESISTANCE AT 70° C	INDUCTIVE REACTANCE X	Three phase effective resistance per unit length $\sqrt{3} (r \cos\theta + X \sin\theta)$ at 70° c various power factor Ω/KM				
			1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
SQMM.	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM
2.5	8.8658	0.1548	15.3560	14.6719	13.9373	13.1939	12.4457
4	5.5157	0.1438	9.5535	9.1536	8.7067	8.2517	7.7922
6	3.6851	0.1380	6.3828	6.1383	5.8487	5.5513	5.2496
10	2.1895	0.1413	3.7923	3.6791	3.5198	3.3524	3.1807
16	1.3759	0.1366	2.3831	2.3379	2.2479	2.1503	2.0485
25	0.8698	0.1293	1.5065	1.5011	1.4535	1.3985	1.3396
35	0.6269	0.1235	1.0858	1.0983	1.0705	1.0356	0.9970
50	0.4630	0.1233	0.8019	0.8285	0.8148	0.7941	0.7697
70	0.3207	0.1172	0.5555	0.5911	0.5884	0.5791	0.5662
95	0.2309	0.1136	0.3999	0.4414	0.4457	0.4436	0.4380
120	0.1840	0.1121	0.3187	0.3634	0.3715	0.3732	0.3715
150	0.1493	0.1121	0.2586	0.3063	0.3174	0.3221	0.3234
185	0.1196	0.1094	0.2072	0.2560	0.2690	0.2759	0.2794
240	0.0918	0.1073	0.1590	0.2091	0.2241	0.2331	0.2387
300	0.0737	0.1066	0.1277	0.1789	0.1954	0.2058	0.2129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE DROP
CONDUCTOR TYPE PD-THW RUN IN NON-METALLIC CONDUIT
TYPE PD-NYY RUN IN AIR OR DIRECT BURYING IN GROUND

CONDUCTOR CROSS SECTION	AC(r) RESISTANCE AT 70° C	INDUCTIVE REACTANCE X	Single phase effective resistance per unit length $2(r\cos\theta + X\sin\theta)$ at 70° c various power factor Ω/KM				
			1.00 Ω/KM	0.95 Ω/KM	0.90 Ω/KM	0.85 Ω/KM	0.80 Ω/KM
SQMM.	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM	Ω/KM
2.5	8.8658	0.1548	17.7316	16.9417	16.0934	15.2350	14.3710
4	5.5157	0.1438	11.0314	10.5696	10.0536	9.5282	8.9977
6	3.6851	0.1380	7.3702	7.0879	6.7535	6.4101	6.0618
10	2.1895	0.1413	4.3790	4.2483	4.0643	3.8710	3.6729
16	1.3759	0.1366	2.7518	2.6995	2.5957	2.4829	2.3653
25	0.8698	0.1293	1.7396	1.7334	1.6784	1.6149	1.5468
35	0.6269	0.1235	1.2538	1.2682	1.2361	1.1958	1.1512
50	0.4630	0.1233	0.9260	0.9567	0.9409	0.9170	0.8888
70	0.3207	0.1172	0.6414	0.6825	0.6794	0.6687	0.6538
95	0.2309	0.1136	0.4618	0.5097	0.5147	0.5122	0.5058
120	0.1840	0.1121	0.3680	0.4196	0.4289	0.4309	0.4289
150	0.1493	0.1121	0.2986	0.3537	0.3665	0.3719	0.3734
185	0.1196	0.1094	0.2392	0.2956	0.3107	0.3186	0.3226
240	0.0918	0.1073	0.1836	0.2414	0.2588	0.2691	0.2756
300	0.0737	0.1066	0.1474	0.2066	0.2256	0.2376	0.2458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสาย (mm ²)	สายตารางที่ 4 (THW)		สายตารางที่ 6 (NYY, 1/C)		สายตารางที่ 7 (NYY, 3/C)		สายตารางที่ 8 (NYY, 3P 4N)		สาย XLPE แรงต่ำ (CV)	
	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่ หน้าตัด (mm ²)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่ หน้าตัด (mm ²)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่ หน้าตัด (mm ²)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่ หน้าตัด (mm ²)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	พื้นที่ หน้าตัด (mm ²)
	0.5	3.0	7.1	-	-	-	-	-	-	-
1	3.5	9.6	8.8	60.8	13.0	132.7	-	-	-	-
1.5	3.8	11.3	9.2	66.5	13.5	143.1	-	-	-	-
2.5	4.3	14.5	9.8	75.4	15.0	176.7	-	-	6.8	36.3
4	5.2	21.2	10.5	86.6	16.5	213.8	-	-	7.4	43.0
6	5.8	26.4	11.0	95.0	18.0	254.5	19.0	283.5	8.1	51.5
10	7.2	40.7	12.0	113.1	20.5	330.1	23.0	415.5	8.7	59.5
16	8.4	55.4	13.0	132.7	24.5	471.4	26.5	551.5	9.8	75.4
25	10.5	86.6	14.5	165.1	28.5	638.0	31.0	754.8	11.6	105.7
35	11.5	103.9	16.0	201.1	31.5	779.3	35.0	962.1	12.7	126.7
50	13.5	143.1	17.0	227.0	36.0	1017.9	39.5	1225	14.4	162.9
70	15.5	188.7	19.0	283.5	40.5	1288.2	44.5	1555.3	16.2	206.1
95	18.0	254.5	21.5	363.1	46.0	1662.0	51.5	2083.1	18.3	263.0
120	19.5	298.7	23.0	415.5	50.5	2003.0	56.0	2463.0	20.2	320.5
150	21.5	363.1	26.0	531.0	56.0	2463.0	62.0	3019.1	22.5	397.6
185	24.0	452.4	28.0	615.8	61.5	2970.6	68.0	3631.7	24.8	483.1
240	27.0	572.6	31.5	779.3	69.0	3739.3	76.5	4596.3	28.0	615.8
300	30.0	706.9	35.0	962.1	76.0	4536.5	84.5	5608.0	30.0	706.9
400	33.5	881.4	38.5	1164.2	-	-	-	-	34.5	934.8
500	38.0	1134.1	43.0	1452.2	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใช้ค่าใน มอก. 11-2531
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสาย XLPE ใช้ค่าตามบริษัท Bangkok Cable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสายไฟ (mm ²)	จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้าตารางที่ 4 ในท่อร้อยสาย												
	7	13	20	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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	32	-	-	-	-	-	-
16	1	1	3	5	9	14	23	36	-	-	-	-	-
25	1	1	1	3	5	9	15	23	29	-	-	-	-
35	-	1	1	3	4	7	12	19	24	30	-	-	-
50	-	-	1	1	3	5	9	14	17	21	34	-	-
70	-	-	1	1	2	4	7	10	13	16	26	37	-
95	-	-	1	1	1	3	5	7	10	12	19	27	-
120	-	-	-	1	1	2	4	6	8	10	16	23	-
150	-	-	-	1	1	1	3	5	7	8	13	19	-
185	-	-	-	-	1	1	2	4	5	6	10	15	-
240	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8	12	-
300	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	6	10	-
400	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	8	-
500	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	4	6	-
เส้นผ่านศูนย์กลาง ของท่อร้อยสาย mm (นิ้ว)	15 1/2	20 3/4	25 1	32 1 1/4	40 1 1/2	50 2	65 2 1/2	80 3	90 3 1/2	100 4	125 5	150 6	-

หมายเหตุ

ตารางที่ 4.4 และ 4.5 ใช้ตามภาคผนวกของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสายไฟ (mm ²)	จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้าตารางที่ 6 ในท่อร้อยสาย											
	1	1	3	5	8	12	21	33	-	-	-	-
1	1	1	3	5	8	12	21	33	-	-	-	-
1.5	1	1	2	4	7	11	19	30	-	-	-	-
2.5	1	1	2	4	7	10	17	26	33	-	-	-
4	1	1	1	3	6	9	15	23	29	36	-	-
6	-	1	1	3	5	8	13	21	26	33	-	-
10	-	1	1	2	4	6	11	17	22	27	-	-
16	-	1	1	1	3	5	10	15	19	23	36	-
25	-	1	1	1	3	4	8	12	15	19	29	-
35	-	-	1	1	1	3	6	10	12	15	24	35
50	-	-	1	1	1	3	5	8	11	13	21	31
70	-	-	-	1	1	2	4	7	8	11	17	24
95	-	-	-	1	1	1	3	5	7	8	13	19
120	-	-	-	1	1	1	3	4	6	7	11	17
150	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	9	13
185	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	7	11
240	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	6	9
300	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	7
400	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	4	6
500	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4
เส้นผ่านศูนย์กลาง ของท่อร้อยสาย mm (นิ้ว)	15 1/2	20 3/4	25 1	32 1 1/4	40 1 1/2	50 2	65 2 1/2	80 3	90 3 1/2	100 4	125 5	150 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดสายไฟ (mm ²)	จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้า CV แรงต่ำ ในท่อร้อยสาย												
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	1	3	5	8	13	21	36	-	-	-	-	-	-
4	1	2	4	7	11	18	30	-	-	-	-	-	-
6	1	1	3	6	9	15	25	39	-	-	-	-	-
10	1	1	3	5	8	13	22	33	-	-	-	-	-
16	1	1	2	4	6	10	17	26	33	-	-	-	-
25	-	1	1	3	4	7	12	19	24	29	-	-	-
35	-	1	1	1	3	6	10	15	20	24	38	-	-
50	-	1	1	1	3	4	8	12	15	19	30	-	-
70	-	-	1	1	1	3	6	9	12	15	23	34	-
95	-	-	-	1	1	2	5	7	9	11	18	26	-
120	-	-	-	1	1	1	4	6	7	9	15	22	-
150	-	-	-	1	1	1	3	5	6	7	12	17	-
185	-	-	-	-	1	1	2	4	5	6	10	14	-
240	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	7	11	-
300	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	6	9	-
400	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	7	-
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เส้นผ่านศูนย์กลาง ของท่อร้อยสาย mm (นิ้ว)	15 1/2	20 3/4	25 1	32 1 1/4	40 1 1/2	50 2	65 2 1/2	80 3	90 3 1/2	100 4	125 5	150 6	-

หมายเหตุ

- ตารางนี้ผู้เขียนค่าเฉพาะตามข้อกำหนดตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
ไม่เกิน 35	10*
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95

หมายเหตุ * แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะบาง หรือท่อโลหะ และการติดตั้งสอดคล้องตามข้อ 5.4 และ 5.8

ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของ เครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
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

หมายเหตุ * ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าใช้สำหรับที่อยู่อาศัยหรืออาคารของผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ห่างจากหม้อแปลงระบบจำหน่ายระยะไม่เกิน 100 เมตร กรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าอยู่ห่างจากหม้อแปลงระบบจำหน่ายระยะเกิน 100 เมตร ให้ดูภาคผนวก ฉ. ตารางที่ ฉ.6 ถึง ตารางที่ ฉ.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้