การออกแบบและพัฒนาระบบเสาไฟสาธารณะสำหรับเมืองอัจฉริยะ

DESIGN AND DEVELOPMENT SMART PUBLIC LIGHTING FOR SMART CITY

โดย

นาย ศิราวุฒิ ฤทธิรณ

นาย ศุภณัฐ ไผ่เทียนชัย

นาย ศุภณัฐ สุขนิรันดร์

นาย สารัช สมิตินนท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรมมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

DESIGN AND DEVELOPMENT SMART PUBLIC LIGHTING FOR SMART CITY

SIRAWUT RITTIRON
SUPANAT PAITEINCHAI
SUPANUT SUKNIRUN
SARAT SMITINONT

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปีการศึกษา 2563

การออกแบบและพัฒนาระบบเสาไฟสาธารณะสำหรับเมืองอัจฉริยะ
DESIGN AND DEVELOPMENT SMART PUBLIC LIGHTING FOR SMART CITY

โดย

นาย ศิราวุฒิ ฤทธิรณ
นาย ศุภณัฐ ไผ่เทียนชัย
นาย ศุภณัฐ สุขนิรันดร์
นาย สารัช สมิตินนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน
รศ.ดร. อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบเสาไฟสาธารณะสำหรับเมืองอัจฉริยะ

ผู้จัดทำ

1. นาย ศิราวุฒิ ฤทธิรณ
2. นาย ศุภณัฐ ไผ่เทียนชัย
3. นาย ศุภณัฐ สุขนิรันดร์
4. นาย สารัช สมิตินนท์

.... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การออกแบบและพัฒนาระบบเสาไฟสาธารณะสำหรับเมืองอัจฉริยะ

นาย ศิราวุฒิ	ฤทธิรณ	
นาย ศุภณัฐ	ไผ่เทียนชัย	
นาย ศุภณัฐ	สุขนิรันดร์	
นาย สารัช	สมิตินนท์	
ผศ.ดร. ชัยยันต์	เจตนาเสน	อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร. อรรถพล	เง่าพิทักษ์กุล	อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบเสาไฟสาธารณะสำหรับเมืองอัจฉริยะ โดยทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะโดยเลือกใช้งานหลอดไอโอดเปล่งแสงร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้เซนเซอร์วัดค่าความเข้มแสงในพื้นที่เพื่อควบคุมการเปิดปิดและระดับความเข้มแสงให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในขณะที่ใช้ รวมทั้งมีการใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นเพื่อปรับความเข้มแสงขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นและส่งสัญญาณไปยังเสาไฟใกล้เคียงเพื่อปรับความเข้มแสงขึ้นด้วยเพื่อทำให้เกิดความสม่ำเสมอของแสงและลดการเกิดพื้นที่มืดสว่างอีกด้วย ซึ่งการใช้อุปกรณ์ควบคุมนี้จะช่วยในการประหยัดการใช้พลังงานได้มากขึ้น ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์แสงสว่าง รวมทั้งเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะยังมีการติดตั้งเซนเซอร์ที่จะวัดค่าการใช้พลังงานของเสาไฟ เซนเซอร์วัดค่าค่าปริมาณฝุ่นในอากาศ และกล้องวงจรปิด แล้วส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ควบคุมที่เชื่อมต่อกับแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์เพื่อติดตามการใช้พลังงานของเสาไฟ ตรวจสอบสภาพแวดล้อมและเพิ่มความปลอดภัยได้อีกด้วย แล้วทำการเปรียบเทียบการทำงานกับเสาไฟสาธารณะที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมทั้งด้านความสว่าง การใช้พลังงาน และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

DESIGN AND DEVELOPMENT SMART PUBLIC LIGHTING FOR SMART CITY

SIRAWUT RITTIRON
SUPANAT PAITEINCHAI
SUPANUT SUKNIRUN
SARAT SMITINONT
Assistant.Prof.Dr. Chaiyan Jettanasen
Associate.Prof.Dr.Atthapol Ngaopitakkul

ABSTRACT

This project presents the development in public lighting designed for a smart city. LED technology becomes a part of this project and associate with a controller. To adjust the light intensity on the working plane at an appropriate level, a light intensity sensor is used to measure ambient light intensity during the operation. In addition, detecting human movement by microwave sensor is in cooperation with light intensity sensor. After human movement is detected, light intensity from the pole will be elevated and neighbor poles will be receiving this movement signal as well as increase their light intensity to maintain uniformity of brightness on the working plane. Using the controller also reduces energy consumption and extends the lifetime of the LED bulb. The other devices used in this project is energy measurement sensor, dust intensity sensor, and IP camera which are used to track energy consumption, examine the quality of the environment and improve safety level in a public area, respectively. The controller receives the data from these devices and transmits data via the internet to the IoT platform server (Blynk). Every task can be done by accessing to Blynk application. And comparing between the pole with and without the controller in three aspects which consist of lighting, energy consumption, and effect from the controller.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยเหลือจากหลายท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ผศ.ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน และรศ.ดร. อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ข้อแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานมาด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจแก้ไข ปริญญานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่ต้น พี่อัน พี่ต่อ และ พี่ๆปโท ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้คำแนะนำและช่วยแก้ปัญญาที่เกิดขึ้น

ขอขอบคุณคุณกมลรัตน์ สมานเกียรติสกุล และพี่ๆจากบริษัทบริษัทลิกมันไลท์ติ้ง จำกัด ที่ให้คำแนะในการออกแบบเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะ

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจอีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงงานครั้งนี้จนสำเร็จด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ i
ABSTRACT ii
กิตติกรรมประกาศ iii
สารบัญ iv
สารบัญรูป vii
สารบัญตาราง xi
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 4
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน 4
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 4
1.5 แผนการดำเนินงาน 5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 หลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) 7
2.1.1 High-power LEDs 7
2.1.2 สีของแอลอีดี 9
2.1.3 ข้อดีและข้อเสีย 10
2.2 ตัวขับหลอดแอลอีดี 10
2.2.1 ประเภทของตัวขับ 11
2.2.2 การหรี่ไฟแบบจ่ายแรงดัน 0-10V 11
2.2.3 การหรี่ไฟแบบ DALI 12
2.2.4 เปรียบเทียบการหรี่แบบ 0-10V กับ DALI 13
2.3 เซนเซอร์ (Sensor) 14
2.3.1 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Sensor) 14
2.3.2 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง (Light Intensity Sensor) 15
2.3.3 เซนเซอร์ตรวจจับควันและฝุ่นละออง PM2.5 (PM2.5 Dust Sensor Sharp) 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.4 สวิซท์ลูกลอยวัดระดับน้ำ (Magnetic float switch) 18
2.3.5 GPS Module 18
2.3.6 AC Digital Power Energy Meter Module 20
2.4 PWM to analog module 21
2.5 IP camera 22
2.5.1 ประเภทของกล้องวงจรปิด IP 22
2.5.2 การทำงานของกล้องวงจรปิด IP 23
2.5.3 ประโยชน์ของกล้องวงจรปิด IP Camera 23
2.5.4 ข้อเสียของกล้องวงจรปิด IP Camera 24
2.6 Blynk 24
2.6.1 องค์ประกอบของแพล๊ตฟอร์ม Blynk 24
2.6.2 ไอโอทีแพล็ตฟอร์ม (IoT Platform) 25
2.7 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง 25
2.8 มาตรฐาน ONVIF 27
2.8.1 ข้อดีสำหรับมาตรฐาน ONVIF 27
2.9 มาตรฐานความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์กระแส 27
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างวงจร 29
3.1 การออกแบบโครงสร้างเสาไฟฟ้าอัจฉริยะ 29
3.2 โครงสร้างภายนอกของเสา 31
3.3 การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 36
3.3.1 การจำลองด้วยโปรแกรม Sketchup 36
3.3.2 การจำลองด้วยโปรแกรม DIALux 38
3.4 การออกแบบวงจรแสงสว่างสำหรับไฟที่ดวงโคมและฐานเสา 42
3.5 เซนเซอร์อื่นๆ 47
3.5.1 โมดูลจีพีเอส (GPS Module) 47
3.5.2 โมดูลมิเตอร์พลังงาน (Energy Meter) 48
3.5.3 เซนเซอร์ฝุ่น (Dust Sensor) 50
3.6 กล้องวงจรปิดไอพี (IP Camera) 51
บทที่ 4 ผลการทดลอง 53
4.1 การติดตั้งเสาไฟบนสถานที่จริง 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.2 การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว 55
4.1.3 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มแสง 55
4.1.4 การติดตั้งกล้องวงจรปิด 56
4.1.5 การติดตั้งเซนเซอร์วัดค่าฝุ่นควัน PM2.5 56
4.1.6 การติดตั้งกล่องควบคุม 57
4.1.7 การติดตั้งเต้ารับบนกล่องควบคุม 57
4.1.8 การติดตั้งไฟแอลอีดีที่ฐานเสา 58
4.1.9 การติดตั้งสวิตช์ลูกลอย 58
4.2 การศึกษาการทำงานในรูปแบบต่างๆ 59
4.2.1 การทำงานแบบอัตโนมัติ 61
4.2.2 การทำงานแบบตั้งเวลาเปิด/ปิดผ่านระบบควบคุม 74
4.2.3 การทำงานแบบเปิด/ปิดโดยไม่ผ่านระบบควบคุม 83
4.3 การศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ส่วนอื่นๆ 92
4.3.1 การทดลองตรวจจับค่าฝุ่นในอากาศ 92
4.3.2 การทดลองระบบความปลอดภัยด้วยกล้องไอพี 94
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 95
5.1 สรุปผลการทดลอง 95
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 96
5.3 ข้อเสนอแนะ 97
เอกสารอ้างอิง 98
ภาคผนวก 101
ภาคผนวก ก 102
ภาคผนวก ข 107
ภาคผนวก ค 115
ประวัติผู้เขียน 117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 หลอด High-power แอลอีดี 7
2.2 ตัวอย่างเทคโนโลยี LED SMD 8
2.3 COB LED 9
2.4 ตัวขับแอลอีดีแบบภายใน(ซ้าย)และแบบภายนอก(ขวา) 11
2.5 ตัวขับหลอดแอลอีดีแบบหรี่ไฟแรงดันไฟฟ้าต่ำ 0-10V 12
2.6 องค์ประกอบภายในระบบ DALI 13
2.7 หลักการทำงานของ PIR เซนเซอร์ 14
2.8 เฟรสเนลเลนส์ภายในตัว PIR เซนเซอร์ 15
2.9 ตัวอย่าง PIR เซนเซอร์ 15
2.10 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง BH1750 GY-30 16
2.11 Block diagram ของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง 16
2.12 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดฝุ่น PM2.5 17
2.13 การต่อวงจรของเซนเซอร์ฝุ่นและองค์ประกอบภายในของเซนเซอร์ 17
2.14 หลักการทำงานของสวิซท์ลูกลอยวัดระดับน้ำ 18
2.15(ก) หลักการทำงานภายในตัว GPS module 19
2.15(ข) GPS module 19
2.16(ก) หลักการทำงานภายในเซนเซอร์วัดกำลังไฟฟ้า 20
2.16(ข) หลักการทำงานของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า 20
2.16(ค) เซนเซอร์วัดกำลังไฟฟ้า 21
2.17(ก) Duty cycle ของสัญญาณ PWM ที่ค่าต่างๆ 21
2.17(ข) PWM to analog 0-10V module 22
2.18 IP camera 24
3.1(ก) บล็อกไดอะแกรมการทำงานของไฟสาธารณะอัจฉริยะ 29
3.1(ข) โครงสร้างภายนอกของเสาไฟฟ้าอัจฉริยะ 30
3.2 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion sensor) 31
3.3 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับความเข้มแสง (Light intensity sensor) 32
3.4 ตำแหน่งการติดตั้งกล้องวงจรปิดไอพี (IP Camera) 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น ควัน PM2.5 (Dust sensor) 33
3.6 ตำแหน่งการติดตั้งกล่องควบคุม 34
3.7 ตำแหน่งการติดตั้งเต้ารับบนกล่องควบคุม 35
3.8 ตำแหน่งการติดตั้งไฟ LED ที่ฐานเสา.......... 35
3.9 ตำแหน่งการติดตั้งสวิตช์ลูกลอย (Magnetic float switch) 36
3.10(ก) แบบจำลองสถานที่สวนสาธารณะ ที่มีความกว้างของทางเดิน 3.75 เมตร.......... 37
3.10(ข) แบบจำลองสถานที่สวนสาธารณะ ที่มีระยะห่างระหว่างเสา 7 เมตร 37
3.11(ก) สภาพแสงจำลองในบริเวณโดยรอบเสา และผลการจำลองค่าความเข้มแสงที่แสดงบนทางเดินสวนสาธารณะ กรณีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 5 เมตร.......... 39
3.11(ข) สภาพแสงจำลองในบริเวณโดยรอบเสา และผลการจำลองค่าความเข้มแสงที่แสดงบนทางเดินสวนสาธารณะ กรณีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 7 เมตร.......... 40
3.11(ค) สภาพแสงจำลองในบริเวณโดยรอบเสา และผลการจำลองค่าความเข้มแสงที่แสดงบนทางเดินสวนสาธารณะ กรณีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 10 เมตร 41
3.12(ก) ไดอะแกรมการทำงานของวงจรแสงสว่างสำหรับไฟที่ดวงโคมและฐานเสา.......... 42
3.12(ข) แผนผังการทำงานของวงจรแสงสว่างสำหรับไฟที่ดวงโคมและฐานเสา.......... 43
3.12(ค) แผนผังการทำงานของวงจรแสงสว่างสำหรับไฟที่ดวงโคมและฐานเสา(ต่อ).......... 44
3.13(ก) การต่อวงจรโมดูลจีพีเอส (GPS Module).......... 47
3.13(ข) แผนผังการทำงานของโมดูลจีพีเอส (GPS Module).......... 48
3.14(ก) การต่อวงจรของโมดูลมิเตอร์พลังงาน (Energy Meter) 49
3.14(ข) แผนผังการทำงานของโมดูลมิเตอร์พลังงาน (Energy Meter).......... 49
3.15(ก) การต่อวงจรเซนเซอร์ฝุ่น (Dust Sensor).......... 50
3.15(ข) แผนผังการทำงานของเซนเซอร์ฝุ่น (Dust Sensor) 51
3.16 กล้องวงจรปิดไอพี ชนิดสปีดโดม ยี่ห้อ Vstarcam รุ่น C34S-X4 52
4.1(ก) ภาพรวมการติดตั้งของเสาทั้ง 2 ต้น.......... 53
4.1(ข) ภาพรวมการติดตั้งของเสาต้นหลัก 54
4.2 Wiring Diagram ของการติดตั้งเสา.......... 54
4.3 การติดตั้งของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว.......... 55
4.4 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มแสง 55
4.5 การติดตั้งกล้องวงจรปิด.......... 56
4.6 การติดตั้งเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM2.5.......... 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.7 การติดตั้งกล่องควบคุม 57
4.8 การติดตั้งเต้ารับบนกล่องควบคุม 57
4.9 การติดตั้งไฟแอลอีดีที่ฐานเสา 58
4.10 การติดตั้งสวิตช์ลูกลอย 58
4.11 การทำงานของเสาไฟทั้งสองในช่วงกลางคืน 59
4.12 Single line diagram ของเสาไฟทั้ง 2 ต้น 60
4.13 การวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าด้วย Fluke 60
4.14 การวัดค่าความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งานด้วย Graphtec 61
4.15(ก) ค่าแสงภายนอกและแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเย็นเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 1 62
4.15(ข) ค่าแสงภายนอกและแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเย็นเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 2 62
4.16(ก) ค่าแสงภายนอกกับแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเช้าเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 1 64
4.16(ข) ค่าแสงภายนอกกับแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเช้าเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 2 64
4.17 ค่าแสงบนพื้นที่ใช้งานเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น 66
4.18 ค่ากระแสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น 67
4.19 ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น 68
4.20(ก) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 1 69
4.20(ข) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 2 69
4.21(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 1 71
4.21(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 2 71
4.22(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 1 72
4.22(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 2 72
4.23 ค่าแสงบนพื้นที่ใช้งานเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น 74
4.24 ค่ากระแสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น 76
4.25 ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น 76
4.26(ก) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 1 78
4.26(ข) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 2 78
4.27(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 1 80
4.27(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 2 80
4.28(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 1 81
4.28(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 2 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.29 ค่าแสงบนพื้นที่ใช้งานเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น 83
4.30 ค่ากระแสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น 85
4.31 ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น 85
4.32(ก) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 1 87
4.32(ข) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 2 87
4.33(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 1 89
4.33(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 2 89
4.34(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 1 90
4.34(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 2 90
4.35 เซนเซอร์วัดฝุ่น PM2.5 และเซนเซอร์วัดคุณภาพอากาศ (Air quality sensor HSTL PM-2.5)**....**92
4.36 ค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดฝุ่น PM2.5 และเซนเซอร์วัดคุณภาพอากาศ (Air quality sensor HSTL PM-2.5) 93
4.37 วีดีโอกล้องวงจรปิด บนแอพพลิเคชั่น Blynk 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เปรียบเทียบการหรี่ไฟแบบ 0-10V และ DALI.....13
2.2 มาตรฐานความสว่างในพื้นที่สาธารณะ.....25
2.3 มาตรฐานการป้องกันสภาพแวดล้อมภายนอก.....26
2.4 ค่าจำกัดกระแสฮาร์มอนิกส์สำหรับอุปกรณ์กลุ่ม C.....30
3.1 ข้อมูลการจำลองความเข้มแสงด้วยโปรแกรม DIALux.....40
4.1 ค่าแสงภายนอกและแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเย็นเทียบของเสาทั้งสองต้น.....65
4.2 ค่าแสงภายนอกและแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเช้าเทียบของเสาทั้งสองต้น.....67
4.3 ค่าแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น.....68
4.4 ค่ากระแสและแรงดันตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น.....70
4.5 ค่ากำลังไฟฟ้าตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น.....72
4.6 ตารางเปรียบเทียบค่าฮาร์มอนิกส์กระแสจากการทดลองกับค่ามาตรฐานของเสาทั้งสองต้น.....75
4.7 ค่าแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น.....77
4.8 ค่ากระแสและแรงดันตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น.....79
4.9 ค่ากำลังไฟฟ้าตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น.....81
4.10 ตารางเปรียบเทียบค่าฮาร์มอนิกส์กระแสจากการทดลองกับค่ามาตรฐานของเสาทั้งสองต้น.....84
4.11 ค่าแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น.....86
4.12 ค่ากระแสและแรงดันตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น.....88
4.13 ค่ากำลังไฟฟ้าตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น.....90
4.14 ตารางเปรียบเทียบค่าฮาร์มอนิกส์กระแสจากการทดลองกับค่ามาตรฐานของเสาทั้งสองต้น.....93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันไฟสาธารณะนั้นมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของประชาชนกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตและการขยายตัวของเมือง ระบบไฟสาธารณะจึงมีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างพื้นฐาน ความปลอดภัยในการสัญจรของผู้คนในระแวกนั้น ชีวิตความเป็นอยู่ของผู้คนในระแวก และสถานที่ท่องเที่ยวในเมือง จากระบบไฟสาธารณะส่องสว่างแบบเดิมที่ใช้กันในส่วนของสาธารณะทั่วไป ได้มีการออกแบบให้มีวงจรที่สามารถทำงานได้เองอัตโนมัติโดยนำระบบไอโอที (Internet of things) ร่วมกับรีเลย์ [1][2] อีกทั้งในส่วนของหลอดไฟของเดิมเป็นแบบหลอดแสงจันทร์ แม้จะให้ความสว่างที่เพียงพอแต่กลับสิ้นเปลืองพลังงานจึงมีงานวิจัยที่นำเอาหลอดไดโอดเปล่งแสงมาทดแทนเพื่อช่วยลดการประหยัดพลังงานในส่วนนี้ [3][4] จึงได้มีการคิดไฟสาธารณะอัจฉริยะเพื่อวางรากฐานการทำงานของไฟสาธารณะให้เปลี่ยนแปลงตามที่ผู้คนสัญจรไปมา การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเนื่องจากการควบคุมแสงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและการทำงานของตัวตรวจจับ โดยระบบจะมีตัวตรวจจับรับรู้การควบคุมแสงอัตโนมัติซึ่งอาจทำหน้าที่ตามจริงจากระดับความเข้มของแสงซึ่งอยู่บนการควบคุมพื้นฐานและการควบคุมแสงแบบอัจฉริยะ ซึ่งได้มีการออกแบบให้มีฟังก์ชันอัตโนมัติ การออกแบบควบคุมไฟสาธารณะอัจฉริยะไม่เพียงแต่ช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้มากขึ้นเท่านั้น อีกทั้งยังยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์แสงสว่าง นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมความสะดวกในการบำรุงรักษา [5] แม้กระทั่งยังมีโอกาสที่จะลดอาชญากรรมเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน

ตัวตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้ คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุแบบคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Radar Sensor Switch Module) [6] ใช้หลักการอ่านค่าคลื่นไมโครเวฟที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหว เป็นลักษณะตรวจจับในวงกว้าง มีรัศมีไกล ติดตั้งงานภายนอกและใช้พลังงานน้อยจึงเหมาะสมมาใช้กับงานวิจัยต่างที่ต้องการตรวจจับการเคลื่อนไหว [7]

ส่วนของหลอดไฟสำหรับเสาไฟอัจฉริยะที่ใช้คือ หลอดไดโอดเปล่งแสง เป็นหลอดที่ประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดชนิดอื่นๆและยังสามารถลดเสียงรบกวนรอบข้างอีกด้วย [8] หลอดไดโอดเปล่งแสงจากการวิจัยพบว่าช่วยรักษาเสถียรภาพทางพลังงานไฟฟ้าและยังสามารถรักษาเสถียรภาพพลังงานแสงอีกด้วย [9] แม้หลอดไดโอดเปล่งแสงจะช่วยลดการใช้พลังงานลงแต่ก็ยังมีปัญหาด้านความร้อนเมื่อเทียบกับหลอดชนิดอื่นเล็กน้อย เนื่องจากข้อดีของหลอดไดโอดเปล่งแสงนั้นมีค่อนข้างมาก จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในงานวิจัยต่างๆ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สำหรับตัวที่นำมาควบคุมวงจรในการทำงานได้ใช้ ESP8266 เหมาะสำหรับมาใช้แทนไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง [11] และยังใช้งานง่าย อีกทั้งยังสามารถเขียนโปรแกรมหรือลบได้ตลอดตามต้องการ และยังมีการใช้ไฟเลี้ยงค่อนข้างน้อยจึงไม่มีผลกับวงจรหลักจึงเหมาะสมจะนำมาใช้ควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ [12]

ตัวตรวจจับฝุ่นละอองที่ใช้ คือ PM2.5 Dust Sensor Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F เป็นหนึ่งในรูปแบบเซ็นเซอร์วัดฝุ่นของชาร์ป ที่ออกแบบมาสำหรับการใช้งานในเครื่องฟอกอากาศ ให้เอาท์พุทอนาล็อกสามารถใช้กับ ESP8266 ได้ เมื่ออากาศที่มีฝุ่นละอองไหลเข้าไปในห้องเซ็นเซอร์จะกระทบกับแสง LED (Light Emitter) ที่จะตรวจจับโดย Photo detector [13][14] ฝุ่นมีอยู่ในอากาศมาก ความเข้มของแสงวัดได้จะมากตาม เซ็นเซอร์ฝุ่นจะแสดงค่าที่ได้ เป็นแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันไปตามความเข้มของแสงที่กระจัดกระจายซึ่งจะสอดคล้องกับระดับของฝุ่นละอองในอากาศความหนาแน่นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจริง

การตรวจจับน้ำท่วมเซ็นเซอร์ที่ใช้ คือ เซนเซอร์สวิตซ์ลูกลอยวัดระดับน้ำ (Liquid Level Sensor Switches) [15] เมื่อระดับน้ำดันลูกลอยขึ้นมาจนถึงก้านส่วนบนของอุปกรณ์วัดระดับจะทำให้สายไฟทั้งสองเส้นสัมผัสกันเหมือนเรากดสวิตซ์ค้างไว้ เมื่อระดับน้ำลดลงลูกลอยก็จะไหลลงข้างล่างทำให้สายไฟทั้งสองเส้นปลดออกจากกัน

ระบบกล้องวงจรปิดใช้ กล้องวงจรปิดไอพี (IP Camera) ที่มีคุณสมบัติสามารถ บันทึกวีดีโอและสามารถจัดเก็บอยู่ใน SD Card ได้ พร้อมทั้งมีมาตรฐานกันน้ำกันฝุ่น IP66 โดยตัวกล้องสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายผ่านสัญญาณ Wi-Fi รองรับโปรโตคอล RTSP ซึ่งเป็นมาตรฐานโปรโตคอลที่สำคัญในการรับส่งข้อมูล

มัลติมิเดียผ่านระบบอินเตอร์เน็ต เพื่อที่จะนำภาพจากกล้องไปแสดงบนแพลตฟอร์ม Blynk

ระบบระบุตำแหน่งที่ตั้งของเสาด้วย GPS Module สามารถรับข้อมูลจากดาวเทียม GPS [16] ได้ จะมีเสาอากาศเป็นตัวรับสัญญาณหลายช่องสัญญาณและการคำนวนในการรับส่งข้อมูลระยะทาง, เวลาที่ส่งไป แล้วถอดรหัสข้อมูลเหล่านั้นออกมาเป็นพิกัด ที่ส่งจากดาวเทียม และโปรเซสเซอร์ที่อยู่ใน GPS Module จะจัดการกับข้อมูลเหล่านี้และรายงานออกมาเป็น ตำแหน่ง พิกัด ความเร็ว และข้อมูลสำคัญต่างๆ ทำให้สามารถรับรู้พิกัดของเสาแต่ละต้นที่เรานำไปติดตั้ง

ระบบแจ้งเตือนการแจ้งเตือนเป็นการแสดงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นซึ่งบางครั้งนั้น อาจจะยากที่จะหาจุดซ่อมแซมได้ถ้าอยู่ในพื้นที่ขนาดใหญ่จึงได้มีการทำซอฟต์แวร์ขึ้นผ่าน Blynk เพื่อแจ้งเตือนจุดที่ เกิดการผิดปกติเพื่อให้วิศวกรสามารถแก้ไขได้ตรงกับสถานที่ ที่เกิดข้อผิดพลาดได้ทันท่วงที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไฟสาธารณะอัจฉริยะ (Smart Street Light) ระบบไฟสาธารณะอัจฉริยะเป็นการควบคุมไฟให้สว่างขึ้นในเวลาที่เหมาะสมและทำงานได้อย่างลงตัว ทั้งทางจราจรและคนเดินเท้ามีสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยแล้วยังเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวและการค้าอีกด้วย อีกทั้งยังเป็นการ ช่วยประหยัดพลังงานและค่าการบำรุงรักษาแต่ได้ความสว่างที่เหมาะสม สิ่งที่เสาไฟอัจฉริยะควรมี คือ ความสามารถในการเปิดปิดไฟได้โดยไม่ต้องใช้คนควบคุมตลอดเวลาแล้วสามารถลดระดับความ สว่างของหลอดได้เมื่อไม่มีพาหนะหรือคนเดินผ่านเพื่อประหยัดพลังงาน และควรมีการติดตั้งอุปกรณ์ สื่อสารภายในเสา เช่น เพาเวอร์ไลน์สื่อสาร (PLC) หรือ RF ระหว่างโคมไฟหรือตู้จ่ายไฟได้อย่าง ปลอดภัยถึงแม้ว่าจะเป็นเครือข่ายใหญ่ก็ตามต้องสามารถซ้ำกลไกเหมือนเสาต้นอื่นได้ และควรมีตัว ตรวจจับเช่นตัวตรวจจับคนเดินผ่านหรือตรวจจับสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่เสา และ ควรจัดเตรียมพื้นที่เอาไว้สำหรับอุปกรณ์เสริม เช่น ป้ายไฟโฆษณา กล้องวงจรปิด เมื่อเกิดความ เสียหายขึ้นกับซอฟต์แวร์หรือตัวเสาต้องสามารถซ่อมบำรุงได้อย่างสะดวก ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดของ การทำไฟสาธารณะอัจฉริยะคือสามารถลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายของในการบำรุงรักษาเสาลง [17]

ไฟสาธารณะอัจฉริยะถูกออกแบบให้ใช้งานแบบระบบไฮบริดพลังงานทดแทน (Hybrid renewable energy system ; hRes) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานโดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบและลดใช้จ่ายในการติดตั้งของระบบ [18] การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฮบริดพลังงานทดแทน ถูกนำมาใช้สำหรับไฟสาธารณะอัจฉริยะ เพื่อเน้นที่การเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการใช้งานของไฟสาธารณะกับการพิจารณาของการจัดการโหลดในด้านแสงในการศึกษานี้ระบบไฮบริดพลังงานทดแทนไฟสาธารณะอัจฉริยะใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic ; PV) เป็นแหล่งจ่ายหลักแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายการจัดเก็บและเพียโซอิเล็กทริค (Piezoelectric) เป็นแหล่งสำรองซึ่งระบบการจัดเก็บพลังงานจะทำงานในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงอาทิตย์อยู่ ในทางกลับกันในช่วงเวลากลางคืนจะมีการส่งสัญญาณไปยังระบบการเชื่อมต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงจะทำให้เกิดการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสงขึ้นสำหรับระบบนี้ส่งผลในการลดค่าใช้จ่ายของระบบโดยรวม นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้นทุนต่ำจะทำให้การดำเนินงานของทั้งระบบมีต้นทุนต่ำตามไปด้วย การประยุกต์ใช้ความคิดนี้ในถนนอียิปต์ช่วยให้การลดลงมากกว่า 50% ของที่จำเป็นต้องใช้พลังงานทั้งหมด โดยวิธีการนี้ระบบที่นำเสนอถนนสามารถสว่างด้วยหลอดไฟพลังงานต่ำไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานไม่มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์อีกทั้งยังเป็นการใช้พลังงานทดแทน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การแก้ปัญหาที่นำเสนอสามารถแก้จุดสูงสุดจุดวิกฤตอียิปต์ของความต้องการโหลด [19]

งานวิจัยไฟสาธารณะอัจฉริยะของประเทศจีนได้มีการใช้ทั้งการควบคุมด้วยแสงและควบคุมด้วยเวลาโดยใช้ทั้งคู่ในการควบคุมการเปิดปิดไฟถนน และมีการเพิ่มความแม่นยำเรื่องความสว่างหรือมืดของสภาพแวดล้อมรอบข้างโดยใช้ตัวตรวจจับแสงเมื่อรุ่งเช้าหรือใกล้ค่ำ เพื่อลดการใช้พลังงานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไฟถนนลงจึงมีการเปลี่ยนหลอดไฟเดิมมาใช้เป็นโหลดไดโอดเปล่งแสงแทน นอกจากนี้ยังมีการนำตัวตรวจจับทั้งคนเดินและยานพาหนะมาใช้หลังเวลาเที่ยงคืนหากไม่พบสิ่งใดผ่านไฟจะทำการปิดลง และจะติดอีกครั้งหากสามารถตรวจจับคนเดินหรือยานพาหนะได้ มีการควบคุมไฟสาธารณะแต่ละต้นโดยเป็นการควบคุมจากส่วนกลางทำได้จากการที่เสาแต่ละต้นมีตัวส่ง สัญญาณจีพีอาร์เอส (GPRS) เพื่อส่งข้อมูลของเสาแต่ละต้นมาที่ส่วนกลาง ทำให้สะดวกในการบำรุงรักษาเสาแต่ละต้น การออกแบบเสาไฟอัจฉริยะแบบใหม่นี้มีการควบคุมแสงช่วยลดการใช้พลังงาน [20]

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาและส่งเสริมการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) สำหรับโคมไฟสาธารณะ เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน
2. เพื่อออกแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยมีการควบคุมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยลดการใช้พลังงานให้มากที่สุด
3. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบการจัดการระบบโคมไฟสาธารณะ
4. การนำเอาไอโอทีเข้ามาใช้ร่วมกับระบบไฟสาธารณะให้เข้าสู่เมืองสมาร์ทซิตี้

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อสร้างไฟสาธารณะอัจฉริยะโดยมีการรับพลังงานมาจากการไฟฟ้าโดยตรง ศึกษาหลักการควบคุมระดับความเข้มแสงเพื่อใช้ในการควบคุมระดับความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) รวมถึงออกแบบโคมไฟสาธารณะให้มีความอัจฉริยะโดยใช้ระบบไอโอที (Internet of things) เข้ามาประยุกต์และมีการประหยัดพลังงานมากยิ่งขึ้น ศึกษาหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ที่ทำงานร่วมกับบอร์ด ESP8266 ในการควบคุมระดับความเข้มแสง โดยเสาแต่ละต้นมีการรับ-ส่งข้อมูลหากันแล้วถ่ายทอดสด (Steaming) ผ่านทาง Blynk

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับไฟสาธารณะอัจฉริยะ
2. ศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมระบบของไฟสาธารณะอัจฉริยะ
3. ออกแบบและจำลองไฟสาธารณะอัจฉริยะ
4. สร้างไฟสาธารณะอัจฉริยะและติดตั้งจริง
5. ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของไฟสาธารณะอัจฉริยะ
6. ตรวจสอบชิ้นงานว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่และหาแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.5 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	พ.ศ.2563																				พ.ศ.2564																			
	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.				พ.ค.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาข้อมูลหลอดไดโอดเปล่งแสง	—	—	—	—	—	—	—	—																																
, ตัวตรวจจับและการควบคุม	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -																																
2. ออกแบบไฟถนนอัจฉริยะ และ อุปกรณ์							—	—	—	—	—	—	—	—																										
ควบคุมการทำงาน								- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -																										
3. ศึกษาการทำ IOT และ Blynk												—	—	—	—	—	—	—																						
												- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -																				
4. เริ่มทำการติดตั้งส่วนประกอบต่างๆและ																		—	—	—	—	—	—	—																
ทำการทดสอบอุปกรณ์ทั้งหมด																	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -																
5. ทำการออกแบบและทดสอบหน้า																							—	—	—	—	—	—	—	—										
เว็บไซต์บน Blynk																							- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -										
6. ทดสอบพร้อมทั้งเก็บข้อมูลคุณภาพและ																												—	—	—	—									
การตอบสนองของไฟถนนอัจฉริยะ																													- -	- -	- -									
7. ปรับปรุงชิ้นงานและระบบของไฟถนน																															—	—	—	—						
อัจฉริยะ																															- -	- -	- -	- -	- -					
8. บันทึก วิเคราะห์ และสรุปผลการ																																	—	—	—	—	—			
ทดลอง																																			- -	- -	- -	- -		
9. นำเสนอผลงานและจัดทำรูปเล่ม																																					—	—	—	—
ปริญญา																																					- -	- -	- -	- -

⟷ ระยะเวลาการปฏิบัติงานจริง   ⇠- - - -⇢ ระยะเวลาที่วางแผนไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

1.6 **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

ด้านวิศวกรรม ดังนี้

1. สามารถเป็นต้นแบบหรือเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่สนใจและศึกษาใน การออกแบบระบบที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าชนิดหนึ่งและต่อยอดให้ มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้ในอนาคต
2. สามารถเป็นต้นแบบการนำวงจรเปลี่ยนรูปสัญญาณพีดับเบิ้ลยูเอ็มให้เป็นอนาล็อกมาใช้ประโยชน์ได้ในอีกรูปแบบหนึ่ง
3. สามารถเป็นต้นแบบเสาโคมไฟอัจฉริยะที่ประกอบด้วยการทำงานของเซนเซอร์ต่างๆเข้าด้วยกันให้เข้าสู่เมืองสมาร์ทซิตี้

ด้านการอนุรักษ์พลังงาน ดังนี้

1. ส่งเสริมการประหยัดพลังงานโดยไฟฟ้าที่เหลืออาจนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ
2. ช่วยลดการใช้พลังงานจากการใช้งานที่ไม่จำเป็น
3. ส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่าโดยควบคุมการใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 **หลอดไดโอดเปล่งแสง** (Light Emitting Diode)

หลอดไดโอดเปล่งแสงคือแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นสารกึ่งตัวนำที่สามารถส่องแสงได้เมื่อมีกระแสไหลผ่าน โดยอาศัยหลักการที่อิเล็กตรอนเกิดการรวมตัวใหม่กับโฮลแล้วปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีโฟตอน และรังสีโฟตอนที่ออกมานั้นจะทำให้เกิดแสงสว่างขึ้น ซึ่งสีของแสงที่ออกมานั้นจะสัมพันธ์กับพลังงานที่สารกึ่งตัวนำต้องการสำหรับการให้อิเล็กตรอนวิ่งข้ามแถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำนั้น

2.1.1 High-power LEDs

หลอด High-power แอลอีดีนั้นเป็นประเภทหนึ่งของหลอดแอลอีดีที่ใช้กระแสในการขับหลอดมากกว่าปกติซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ที่หลักร้อยมิลลิแอมป์หรือมากกว่านั้น เมื่อเทียบกับหลอดแอลอีดีทั่วไปที่ใช้กระแสเพียงหลักสิบมิลลิแอมป์เท่านั้น หลอด High-power บางหลอดสามารถเปล่งแสงออกมาหลักพันลูเมน แต่ก็จะตามมาด้วยปัญหาของความร้อนที่มีมากเกินไป ทำให้หลอด High-power นั้นจะต้องติดตั้งบน Heat sink เพื่อที่จะให้ความร้อนสามารถระบายออกได้ ถ้าหากไม่สามารถระบายความร้อนออกได้โดยเร็ว หลอดแอลอีดีอาจเสียหายได้ภายในไม่กี่วินาทีเท่านั้น

รูปที่ 2.1 หลอด High-power แอลอีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ซึ่งหลอด High-power นั้นจะเกิดจากการนำเม็ดแอลอีดีมารวมกันจำนวนหนึ่งเพื่อเพิ่มความสว่างโดยเม็ดแอลอีดีที่นำมารวมนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ

2.1.1.1 LED SMD

LED SMD (Surface mount LED) เป็นแอลอีดีชนิดหนึ่งที่พัฒนามาจากแอลอีดีแบบปกติที่เราเห็นในเครื่องใช้ไฟฟ้าสมัยก่อน เทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้กับ LED SMD ก็คือเทคโนโลยี Surface Mounting Technology (SMT) เป็นกระบวนการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และ Semi-Conductor ที่มีขนาดเล็กมาก โดยลักษณะของ LED SMD จะเป็นชิปขนาดเล็กมากซึ่งชิปแต่ละตัวของแอลอีดีจะมีแผ่น PCB เป็นของตัวเองและชิปจะมีรูปร่างแตกต่างกันตามประเภทของการใช้งาน โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็น LED strip หรือ High-power LED ได้

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างเทคโนโลยี LED SMD

2.1.1.2 LED COB

หนึ่งในเทคโนโลยีที่ใหม่ล่าสุดของแอลอีดีก็คือ COB หรือ chip on board คือเทคโนโลยีที่ทำให้การใช้พลังงานนั้นมีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีลักษณะคล้ายกับ SMD แต่ COB มีไดโอดเปล่งแสงมากกว่า SMD ในแผ่น PCB เดียวกัน โดยแผ่น PCB 1 แผ่นของ COB สามารถรองรับชิปแอลอีดีได้ถึงหลักร้อยชิป ซึ่งแต่ละชิปจะต่ออนุกรมหรือขนานกันนั้นก็ขึ้นอยู่กับวงจรของแผ่น PCB และนอกจากนี้แผ่น PCB จะถูกแปะติดกับสารตั้งต้นซึ่งสารตั้งต้นสามารถเป็นได้ทั้งอลูมิเนียมหรือเซรามิค ซึ่งถ้าเป็นเซรามิคจะสามารถนำความร้อนได้ดีกว่า ซึ่งจะทำให้ระบายความร้อนออกมาได้ดีกว่า แอลอีดีจะทำงานที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ COB แอลอีดีจะรวบรวมชิปไว้จำนวนมาก แต่ก็จะมีสารตั้งต้นของแผ่น PCB เพียงสารเดียวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.3 COB LED

เนื่องจาก COB นั้นได้แปะชิปของแอลอีดีติดกับสารตั้งต้นของแผ่น PCB โดยตรง และแผ่น PCB มีพื้นที่สำหรับการระบายความร้อนมาก เมื่อเทียบกับ SMD LED ดังนั้นในการออกแบบวงจรบนแผ่น PCB ที่จะติดชิปของแอลอีดี จะต้องออกแบบให้ระยะห่างระหว่างแต่ละชิปนั้นน้อยที่สุดเพื่อที่จะทำให้ขนาดของแผ่น PCB เล็กที่สุด

2.1.2 สีของแอลอีดี

ภายในสารกึ่งตัวนำของวัตถุดิบที่นำมาใช้สร้างไดโอดเปล่งแสงนั้น อิเล็กตรอนและโฮลถูกบรรจุอยู่ในระดับชั้นของพลังงานที่แยกชั้นกันหรือเรียกว่า “Band gap” ซึ่งตัวช่องว่างของพลังงานนี้เองจะเป็นตัวกำหนดพลังงานของอนุภาคแสงหรือ รังสีโฟตอนที่ออกมาของไดโอดเปล่งแสง พลังงานของรังสีโฟตอนจะเป็นตัวกำหนดขนาดความยาวคลื่นของแสงที่ออกมาซึ่งจะทำให้สีของแสงที่ออกอมานั้นแตกต่างกัน ดังนั้นสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกันก็จะมีช่องว่างของพลังงานที่ต่างกัน ทำให้สีที่ออกมานั้นต่างกัน การปรับขนาดความยาวคลื่นอย่างละเอียดสามารถทำได้โดยการเปลี่ยน องค์ประกอบของชั้นต่าง ๆของแอลอีดีให้มีความหลากหลาย

แอลอีดีประกอบไปด้วยสารประกอบของที่เป็นสารกึ่งตัวนำซึ่งจะมาจากธาตุหมู่ 3 และ 5 ของตารางธาตุ โดยสีและสารกึ่งตัวนำที่ใช้สำหรับแอลอีดีทั่วไปมีตัวอย่าง ดังนี้

- Indium gallium nitride: ให้แสงสี น้ำเงิน เขียวและม่วง
- Aluminum gallium indium phosphide: ให้แสงสีเหลือง ส้มและแดง
- Aluminum gallium arsenide: ให้แสงสีแดงและอินฟาเรด
- Gallium phosphide: ให้แสงสีเหลือง และ เขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.3 ข้อดีและข้อเสีย

2.1.3.1 ข้อดีของหลอดแอลอีดี

1. ประหยัดค่าไฟฟ้าประมาณ 50% และมีอายุการใช้งานยาวนาน

2. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ ทำให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกทั้งไม่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก

3. หลอดไดโอดเปล่งแสง ปล่อยความร้อนออกมาน้อยมาก ทำให้อาคารลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในส่วนเครื่องปรับอากาศทำให้ช่วยประหยัดพลังงานได้มากขึ้น

4. หลอดไดโอดเปล่งแสง สามารถเปิดปิดได้บ่อยครั้ง โดยไม่มีปัญหาขาดหรือเสียง่ายเหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยหลอดไดโอดเปล่งแสงจะทำให้สว่างทันที

5. ไม่ต้องใช้บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์

6. หลอดไดโอดเปล่งแสง ให้แสงสว่างโดยปราศจากรังสี UV

7. หลอดไดโอดเปล่งแสง สามารถให้พลังงานแสงสว่างได้สูงถึง 70 ลูเมน/วัตต์ เมื่อเทียบกับหลอดไฟชนิดอื่นโดยแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงจะมีคุณภาพเหนือกว่ามาก

2.1.3.2 ข้อเสียของหลอดแอลอีดี

1. ราคาของหลอดแพง เมื่อเทียบกับหลอดอื่น

2. ชุดวงจรควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงมีราคาแพง

2.2 ตัวขับหลอดแอลอีดี

ในการที่จะใช้งานหลอดแอลอีดีได้นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีตัวขับแอลอีดี ซึ่งตัวขับนี้มีหน้าที่คล้ายกับบัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์หรือเทียบเท่ากับหม้อแปลงของหลอดแรงดันต่ำ ตัวขับแอลอีดีจะจ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดแอลอีดีตามที่หลอดต้องการเพื่อให้หลอดทำงานได้ตามที่ต้องการและมีประสิทธิภาพสูงสุดของหลอด โดยสาเหตุที่หลอดแอลอีดีต้องการตัวขับมี 2 ปัจจัยหลักๆก็คือ

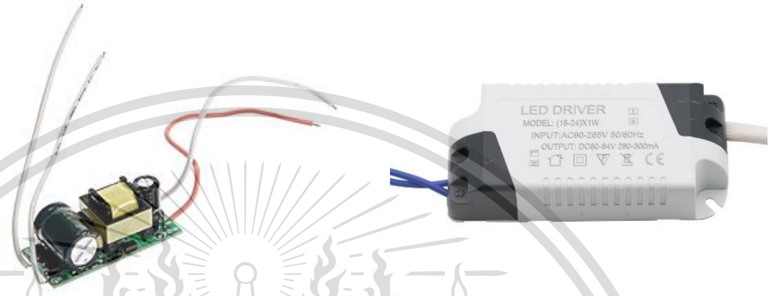
1. หลอดแอลอีดีถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับแรงดันที่ต่ำและต้องเป็นกระแสตรงเท่านั้น แต่โดยทั่วไปแล้ว ไฟฟ้าที่ใช้อยู่นั้นเป็นกระแสสลับแรงดันสูง ดังนั้นตัวขับจึงทำหน้าที่เรียงไฟฟ้ากระแสสลับให้กลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและลดระดับแรงดันให้ต่ำลงถึงระดับที่หลอดแอลอีดีต้องการ

2. ตัวขับแอลอีดีนั้นช่วยป้องกันหลอดแอลอีดีจากการแกว่งของแรงดันและกระแส การเปลี่ยนแปลงของแรงดันก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านหลอดแอลอีดี ซึ่งหลอดแอลอีดีนั้นถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับช่วงกระแสบางช่วงเท่านั้น ดังนั้นกระแสที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไปจะทำให้แสงสว่างที่ออกมาไม่สม่ำเสมอและยังทำให้หลอดแอลอีดีมีอายุการงานที่น้อยลงเนื่องจากหลอดแอลอีดีนั้นร้อนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.1 ประเภทของตัวขับ

โดยทั่วไปตัวขับหลอดแอลอีดีนั้นจะมีแบ่งออกเป็น 2 แบบคือแบบ ติดตั้งภายในหลอดที่มักจะพบเจอกับหลอดไฟขั้ว E27 ทั่วไปและแบบภายนอกที่จะพบในการส่องสว่างให้กับถนนหรือไฟสาธารณะ ซึ่งตัวขับแอลอีดีแบบภายนอกยังแบ่งออกเป็น 2 แบบ ก็คือแบบคงค่ากระแสและคงค่าแรงดัน แต่ละแบบนั้นถูกออกแบบมาให้ใช้กับวัตถุประสงค์คนละแบบ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.4 ตัวขับแอลอีดีแบบภายใน(ซ้าย)และแบบภายนอก(ขวา)

2.2.1.1 ตัวขับแอลอีดีแบบคงค่ากระแส

ตัวขับแอลอีดีแบบคงค่ากระแสนั้นจะทำให้กระแสที่ออกจากตัวขับนั้นมีค่าคงที่และมีค่าแรงดันขาออกอยู่ในช่วงๆหนึ่ง แต่ค่ากระแสจะมีเพียงค่าเดียวเท่านั้น เมื่อความต้านทานของชิปแอลอีดีนั้นน้อยลง ตัวขับจะปรับแรงดันลงเพื่อคงกระแสให้ยังเท่าเดิม

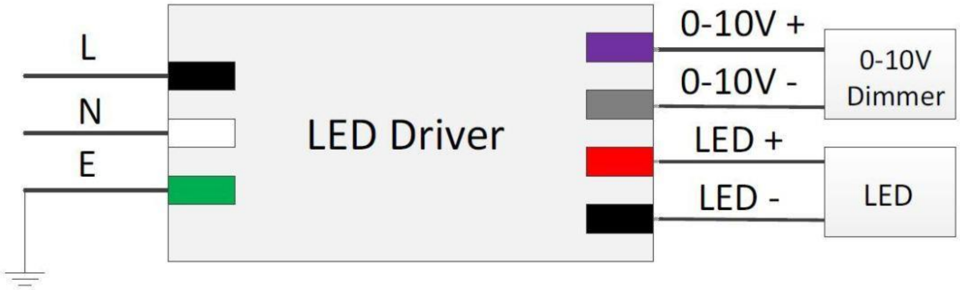
2.2.1.2 ตัวขับแอลอีดีแบบคงค่าแรงดัน

ตัวขับแอลอีดีแบบคงค่าแรงดันถูกออกแบบมาเพื่อคงค่าแรงดันขาออกให้ได้ตามขนาดของแรงดันที่หลอดแอลอีดีต้องการ โดยจะมีค่ากระแสที่ออกมาตามที่หลอดแอลอีดีต้องการ ซึ่งตัวขับนี้จะระบุค่ากระแสมากที่สุดที่สามารถจ่ายได้ ดังนั้นค่าแรงดันและกระแสที่ออกมานั้นจะมีค่าคงที่ แต่ค่ากระแสจะไม่สามารถจ่ายเกินพิกัดของตัวขับได้

2.2.2 การหรี่ไฟแบบจ่ายแรงดัน 0-10V

การหรี่ไฟของหลอดแอลอีดีนั้นจะอาศัยการควบคุมผ่านตัวขับของแอลอีดี ซึ่งการหรี่ไฟแบบใช้แรงดันต่ำนั้น จะทำได้โดยใช้ตัวขับประเภท 0-10V ในการควบคุมแรงดันขาออกของตัวขับ ซึ่งในการควบคุมนั้นจะอาศัยสายไฟเพิ่มเติมต่อเข้ากับตัวขับเพื่อรับสัญญาณควบคุมแรงดันต่ำ จากนั้นจึงปรับความสว่างของหลอดให้เป็นไปตามสัญญาณที่ส่งไปยังตัวขับ ตัวอย่างเช่น เมื่อป้อนสัญญาณควบคุม 10 โวลต์เข้าไปที่ตัวขับหลอดแอลอีดี หลอดแอลอีดีจะสว่าง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าหากป้อนสัญญาณควบคุมเข้าไป 5 โวลต์ แสงสว่างที่ออกมาก็จะมีความสว่าง 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.5 ตัวขับหลอดแอลอีดีแบบหรี่ไฟแรงดันไฟฟ้าต่ำ 0-10V

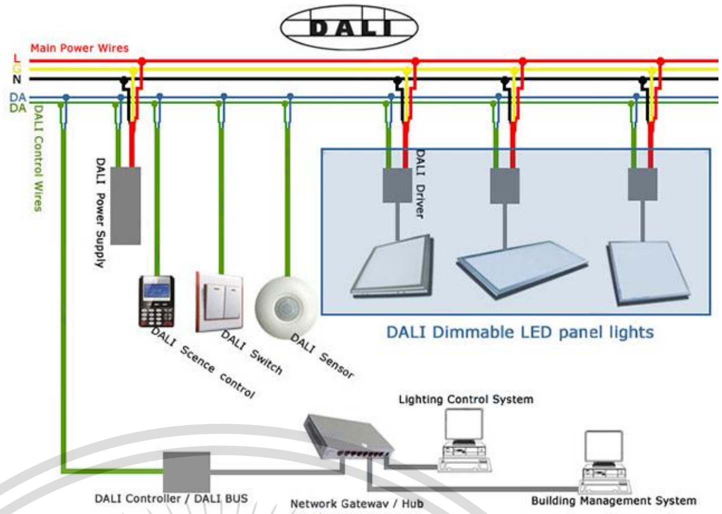
การหรี่ไฟแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำนั้นเป็นวิธีที่ง่ายในการเข้าใจแต่อย่างไรก็ตามวิธีการหรี่ไฟแบบนี้ไม่ได้รองรับการสื่อสารแบบสองทางระหว่างตัวขับหลอดและตัวควบคุมสัญญาณ

2.2.3 การหรี่ไฟแบบ DALI

DALI คือการหรี่ไฟแบบดิจิตอลซึ่งในการหรี่ไฟนั้นจะต้องอาศัยตัวขับประเภท DALI เท่านั้น การสื่อสารของระบบ DALI นั้นจะอาศัยองค์ประกอบหลายอย่าง ซึ่งจะประกอบไปด้วย ตัวควบคุมบัสของ DALI และตัวขับประเภท DALI ซึ่งตัวขับทั้งหมดจะถูกต่อเข้ากับบัสของ DALI เพื่อรับสัญญาณและส่งสัญญาณกลับไปยังตัวควบคุม โดยระบบ DALI นั้นรองรับตัวขับสูงสุดที่ 64 ตัว โดยอาศัยตัวควบคุมเพียงตัวเดียว ในการส่งสัญญาณไปยังตัวขับแต่ละตัวนั้นจะต้องระบุให้ชัดเจนกับตัวควบคุมเพื่อการส่งสัญญาณที่ถูกต้องและแม่นยำ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมแสงเป็นโซนได้สูงสุด 16 โซน หรือสามารถเพิ่มเซนเซอร์ต่างๆเข้าไปในบัสของ DALI ได้เช่นกันแต่จะต้องเป็นเซนเซอร์แบบ DALI เท่านั้น ซึ่งองค์ประกอบของระบบ DALI จะประกอบไปด้วย

1. DALI driver ใช้รับสัญญาณและส่งสัญญาณกับตัวควบคุม
2. DALI controller ตัวควบคุมตัวขับโดยจะทำงานตามเงื่อนไขที่โปรแกรมไว้
3. DALI bus power supply ใช้สำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ภายในบัสของ DALI
4. DALI switch/DALI sensor ใช้สำหรับตรวจจับสภาพภายนอกและเปิด/ปิดไฟ
5. DALI USB interface ใช้สำหรับเชื่อมต่อตัวควบคุมกับคอมพิวเตอร์
6. DALI programming software ใช้สำหรับการกำหนดเงื่อนไขการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบภายในระบบ DALI

2.2.4 เปรียบเทียบการหรี่แบบ 0-10V กับ DALI

เนื่องจากการหรี่ไฟแบบ 0-10V และ DALI ได้รับความนิยมและเป็นที่แพร่หลายมากที่สุด เมื่อเทียบกับการควบคุมแบบอื่นๆ ดังนั้นตารางเปรียบเทียบจึงเป็นการเทียบเฉพาะ 2 วิธีนี้เท่านั้น

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการหรี่ไฟแบบ 0-10V และ DALI

หัวข้อการเปรียบเทียบ	0-10V	DALI
สัญญาณที่ใช้ควบคุม	อนาล็อก	ดิจิตอล
การเดินสายไฟ	ยากกว่าและตัวขับทุกตัวต้องมีสายไฟแยก	ง่ายกว่า เดินสายไฟรอบเดียว ใช้ได้กับทุกตัวขับ
การสื่อสารและส่งข้อมูล	ส่งสัญญาณให้ตัวขับได้อย่างเดียว	ส่งสัญญาณไปกลับได้ระหว่างตัวขับกับตัวควบคุม
ฟังก์ชัน	ไม่มีฟังก์ชันในการควบคุม	ควบคุมเป็นโซนได้และหลากหลาย
ซอฟต์แวร์	ไม่ต้องการซอฟต์แวร์เพิ่ม	ต้องการซอฟต์แวร์เพิ่ม
ราคา	ถูกกว่า	แพงกว่า
อุปกรณ์อื่นๆในระบบ	ใช้ได้ทั่วไป	ต้องใช้กับอุปกรณ์ที่รองรับ DALI

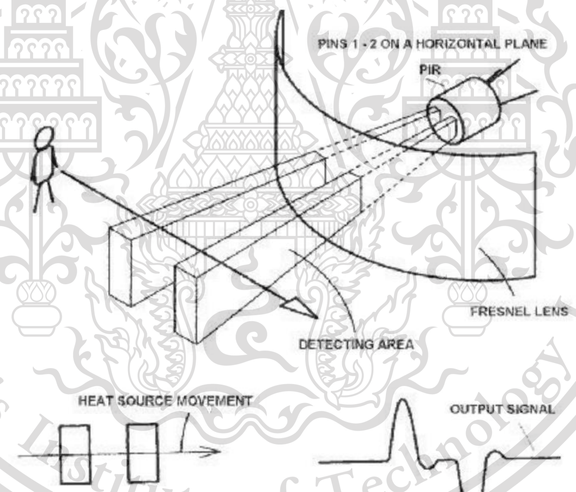
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 เซนเซอร์ (Sensor)

เซนเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับ รับความรู้สึกตัวแปรทางกายภาพตัวใดตัวหนึ่ง แล้วเปลี่ยนค่าทางด้านเอาต์พุตให้เป็นตัวแปรทางกายภาพตัวอื่น

2.3.1 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Sensor)

เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว เป็นอุปกรณ์ที่แปลงการตรวจจับความเคลื่อนไหว เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยชนิดของเซนเซอร์ที่ใช้งานในโครงงานนี้ เป็นแบบ Passive infrared sensor (PIR) ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับความคลาดเคลื่อนไหวด้วยการตรวจวัดความร้อนในพื้นที่ที่ต้องการความร้อนวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงระดับรังสีอินฟราเรดที่ปล่อยออกมาจากวัตถุ เซนเซอร์จะเปลี่ยนคลื่นรังสีอินฟราเรดให้กลายเป็นกระแสไฟฟ้าเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ (สิ่งมีชีวิตทุกชนิด จะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาจากตัวเอง การแผ่รังสีดังกล่าวเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในอะตอม ปริมาณรังสีจะมีมากน้อยตามแต่โครงสร้างทางเคมี และอุณหภูมิของวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ) จึงทำให้สามารถตรวจจับสัญญาณลอจิกที่เปลี่ยนแปลงที่ขาเอาต์พุตได้

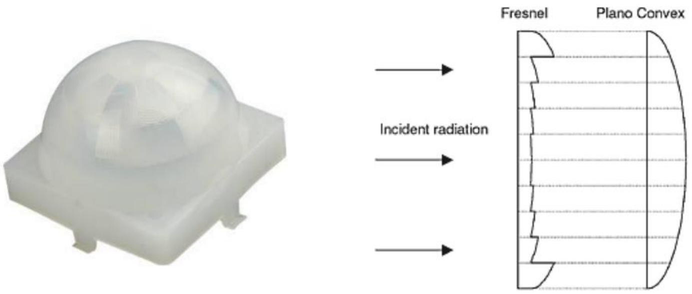


รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของ PIR เซนเซอร์

2.3.1.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของ PIR Sensor

1. เลนส์ - ภายใน PIR ประกอบด้วยเลนส์ที่เรียกว่า เฟรสเนลเลนส์ (Fresnel Lenses) ซึ่งเป็นเลนส์ที่มีขนาดเล็กจำนวนมาก เพื่อสร้างแพตเทิร์นการแทรกสอดของแสงในย่านอินฟราเรดขณะที่ยังไม่มีใครเข้ามาอยู่ในรัศมี รูปแบบการแทรกสอดของแสงนั้นจะมีแพตเทิร์นที่หยุดนิ่งคงที่ แต่เมื่อวัตถุนั้นมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นแพตเทิร์นการแทรกสอดของคลื่นแสงที่ปรากฏบนตัวตรวจจับก็จะเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามการเคลื่อนไหวนั้น ใช้สำหรับควบคุมหรือโฟกัสพื้นที่ในการตรวจจับความเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.8 เฟรสเนลเลนส์ภายในตัว PIR เซนเซอร์

2. เซนเซอร์ – ตัวแปลงพลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรดมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

รูปที่ 2.9 ตัวอย่าง PIR เซนเซอร์

2.3.2 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง (Light Intensity Sensor)

เซนเซอร์วัดความเข้มแสง คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานหรือการนำไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานได้ เมื่อมีแสงมาตกกระทบ โดยเซนเซอร์ชนิดนี้ติดต่อผ่านบัส 2 สายหรือ I2C ให้ผลการวัดความเข้มแสงเป็นหน่วยลักซ์ ทำให้นำข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ไปใช้งานได้เลยไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์อีกขั้นเพื่อแปลงหน่วย ภายในตัวตรวจจับมีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลความละเอียด 16 บิต ทำให้ข้อมูลดิจิตอลของความเข้มแสงมีความแม่นยำมาก มีรายละเอียดของเซนเซอร์ดังนี้

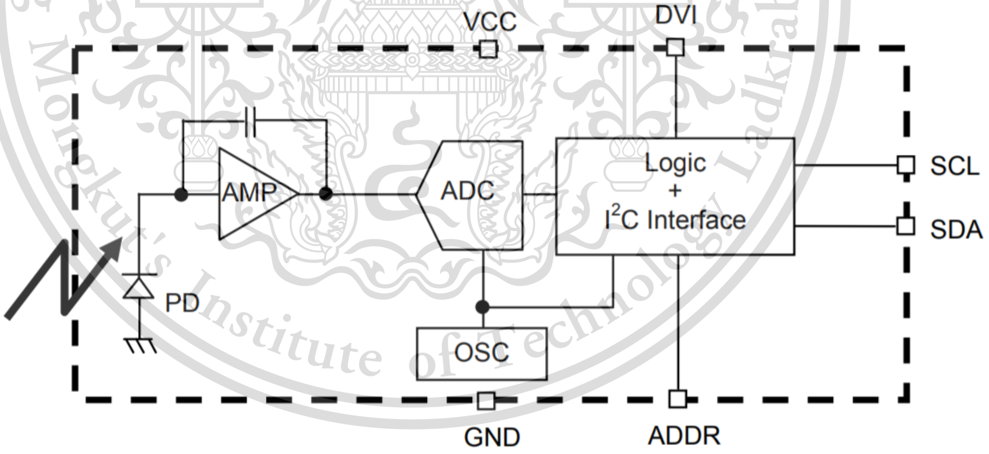
1. สามารถวัดความเข้มแสงได้ตั้งแต่ 1-65535 ลักซ์ ความละเอียด 16 บิต
2. ใช้ไฟเลี้ยง 3-5 โวลต์
3. ใช้การเชื่อมต่อแบบไอทูซี (I2C) ความถี่สูงสุด 400 กิโลเฮิรตซ์ (kHz)
4. มีขา ADD สำหรับเลือก Address ของบอร์ดได้ 2 ค่า
5. เชื่อมต่อสัญญาณโดยตรงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบไฟ 3.3 โวลต์ และระบบไฟ 5 โวลต์ ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านวงจรปรับระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.10 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง BH1750 GY-30

ซึ่งองค์ประกอบภายในเซนเซอร์ทั้งหมดจะประกอบไปด้วย

1. PD (Photo diode) ที่การตอบสนองอยู่ในระดับของสายตาคนทั่วไป
2. AMP (integration-OPAMP) สำหรับการแปลงกระแสที่ได้จาก PD เป็นระดับแรงดัน
3. ADC (analog to digital) สำหรับการเปลี่ยนค่าอนาล็อกไปเป็นดิจิตอลขนาด 16 บิต
4. Logic+I2C interface สำหรับการคำนวณเป็นระดับความเข้มแสงและเชื่อมต่อกับตัวรับสัญญาณแบบไอทูซี (I2C)
5. OSC หรือ Internal oscillator สำหรับเป็น Clock ให้กับ Internal logic ส่วนมากมีความถี่อยู่ที่ 320 กิโลเฮิรตซ์ (kHz)

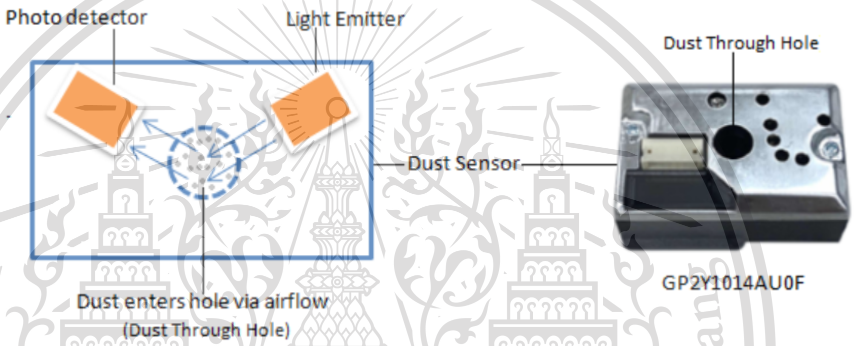


รูปที่ 2.11 Block diagram ของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

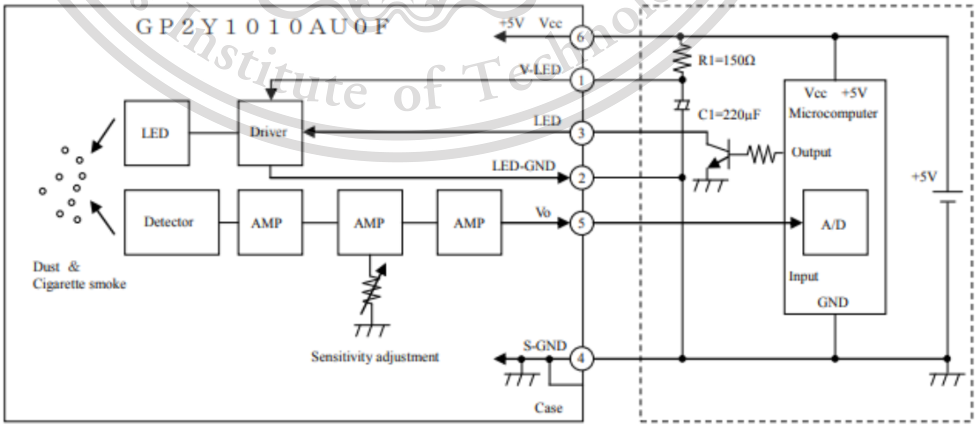
2.3.3 เซนเซอร์ตรวจจับควันและฝุ่นละออง PM2.5 (PM2.5 Dust Sensor Sharp)

หลักการของเซนเซอร์วัดฝุ่นนั้นจะอาศัยหลักการกระจายของแสงกล่าวคือภายในเซนเซอร์จะมีตัวรับแสงและตัวปล่อยแสงอยู่ตรงข้ามซึ่งกันและกันซึ่งตรงกลางระหว่างทั้งสองตัวนั้นก็คือช่องว่างที่ให้อากาศไหลผ่าน ซึ่งโดยปกติแล้วในอากาศจะมีฝุ่นปะปนอยู่ด้วย ดังนั้นเมื่ออากาศที่มีฝุ่นมากไหลผ่านช่องตรงกลางนั้นจะทำให้แสงที่ส่องไปยังตัวรับนั้นมีการกระจายตัวมากขึ้น นั่นก็หมายความว่าเซนเซอร์สามารถรับรู้ได้ว่าภายในอากาศมีฝุ่นปะปนอยู่ ยิ่งมีฝุ่นมากแสงส่องผ่านอากาศก็จะกระจายมากขึ้น แรงดันที่ได้จากเซนเซอร์ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่กระจายจะถูกแปลงไปเป็นค่าความหนาแน่นของฝุ่นในอากาศ ซึ่งปริมาณฝุ่นในอากาศกับแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์มีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น



รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดฝุ่น PM2.5

เซนเซอร์ฝุ่นนี้ต้องการวงจรที่ประกอบไปด้วยตัวต้านทานขนาด 150 โอห์มและตัวเก็บประจุ 220 ไมโครฟารัด เพื่อจะนำมาจ่ายไฟให้แอลอีดีภายในเซนเซอร์ให้มีการปิดและเปิดสลับกันเรื่อยๆ ซึ่งดีกว่าการที่เปิดแอลอีดีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานเพราะจะทำให้แอลอีดีนั้นมีอายุการใช้งานที่น้อยลง

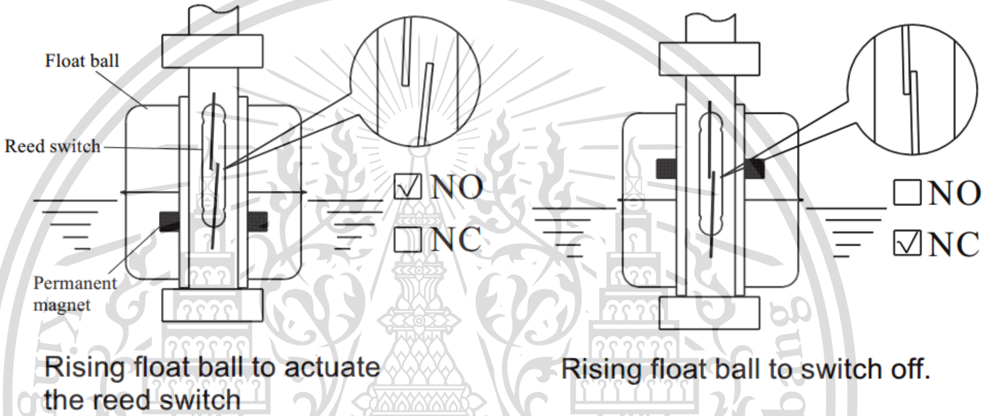


รูปที่ 2.13 การต่อวงจรของเซนเซอร์ฝุ่นและองค์ประกอบภายในของเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.4 สวิซท์ลูกลอยวัดระดับน้ำ (Magnetic float switch)

เซนเซอร์หรือสวิซท์ตัวนี้อาศัยหลักการของแม่เหล็กเพื่อการตรวจจับสถานะของระดับน้ำ ตัวสวิซท์ที่จะคอยเปิดและปิดจะถูกบรรจุอยู่ภายในแท่งตรงกลางของเซนเซอร์และตัวกระตุ้นก็คือแม่เหล็กถาวรที่ถูกบรรจุอยู่ภายในตัวลูกลอย จากภาพที่ 2.15 จะพบว่าเมื่อตัวลูกลอยที่ภายในบรรจุแม่เหล็กถาวรไว้ลอยขึ้นมาเนื่องจากระดับน้ำ จะทำให้สนามแม่เหล็กจากตัวแม่เหล็กถาวรไปกระตุ้นสวิซท์ที่อยู่ภายในแท่งตรงกลาง ทำให้สายไฟเริ่มนำกระแส แต่เมื่อลูกลอยลดระดับลงสายไฟก็จะกลับสู่สภาพเดิมก็คือเปิดวงจร



รูปที่ 2.14 หลักการทำงานของสวิซท์ลูกลอยวัดระดับน้ำ

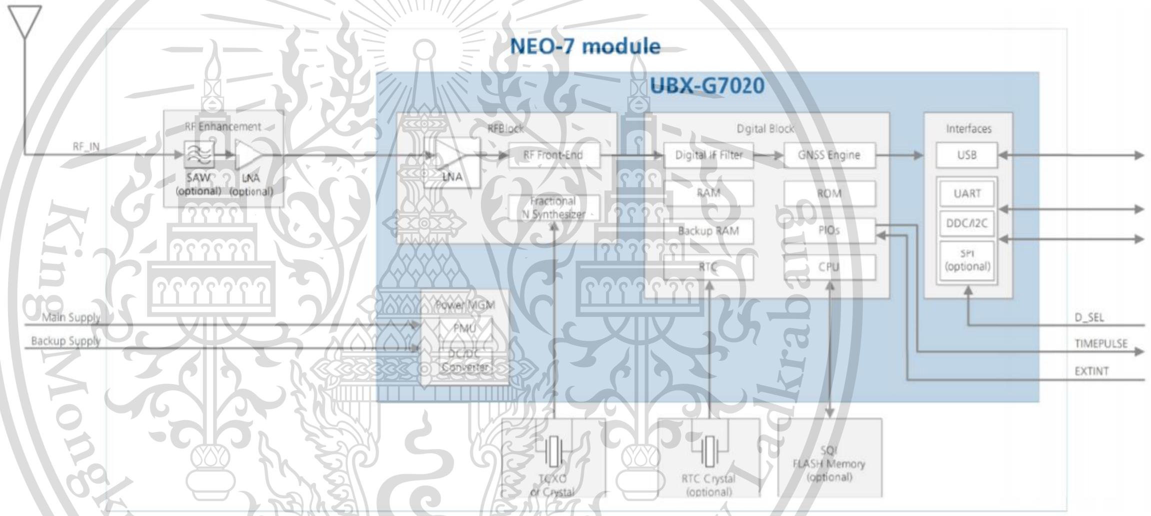
2.3.5 GPS Module

GPS หรือ Global Positioning System ทำงานโดยมีดาวเทียม 24 ดวง เคลื่อนที่โคจรรอบโลก และมันจะทำงานร่วมกับอุปกรณ์ภาครับ GPS หรือตัวเซนเซอร์นี้เพื่อระบุตำแหน่งบนโลก การระบุตำแหน่ง ของ GPS นั้น ทำในลักษณะของรูปสามเหลี่ยมที่เกิดขึ้นจากการวัดระยะห่างจากจุด 3 จุด จากดาวเทียม เพื่อหาตำแหน่งของอุปกรณ์ GPS สมมติว่า เพื่อนของคุณกำลังหลงทางอยู่ คุณทราบว่าเพื่อนคนนี้อยู่ห่างจากบ้านของเขา 50 เมตร ณ จุดเดียวกันเขาอยู่ห่างจากห้างสรรพสินค้า 200 เมตร และอยู่ห่างจากโรงหนัง 275 เมตร ซึ่งหากวาดวงกลมจากสถานที่ทั้งสาม (รัศมีเท่ากับระยะห่างที่ได้) จะพบว่าจุดตัดของวงกลมทั้งสามจะระบุตำแหน่งของเพื่อนคุณได้

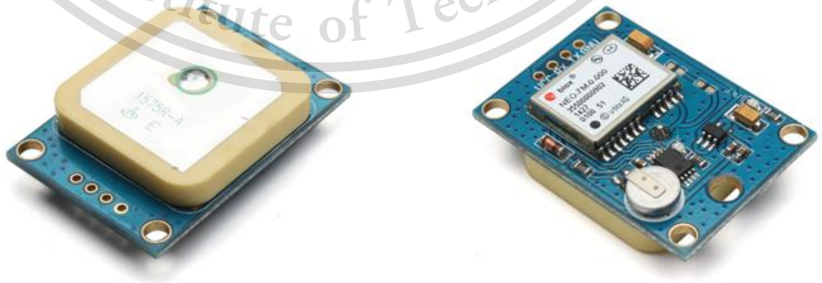
อุปกรณ์ GPS ก็ทำงานด้วยวิธีเดียวกัน โดยมันสามารถรู้ระยะห่างของมันกับดาวเทียม GPS ได้จากการที่ดาวเทียม GPS ในวงโคจรจะส่งสัญญาณพร้อมทั้งระบุเวลา ซึ่งเมื่ออุปกรณ์ GPS ได้รับสัญญาณก็จะเทียบเวลาที่อุปกรณ์ได้รับสัญญาณกับเวลาที่สัญญาณถูกส่งออกมาจากดาวเทียม จากนั้นมันก็จะคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณ เพื่อหาระยะห่างของอุปกรณ์ GPS กับดาวเทียม GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาจะมีการเดินทางด้วยความเร็วคงที่ซึ่งก็คือความเร็วแสง เมื่ออุปกรณ์ GPS ได้รับสัญญาณจากดาวเทียมที่ GPS แตกต่างกันครบ 3 ดวงก็จะสามารถทราบระยะห่าง ยกตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ GPS อยู่ห่างจากดาวเทียม GPS ดวงแรกเป็น 12,185.00048 ไมล์ และห่างจากดาวเทียม GPS ดวงที่สอง 11,495.1835 ไมล์ ส่วนดาวเทียม GPS ดวงที่สามอยู่ห่าง 11,382.8513 ไมล์ เพียงแค่นี้ อุปกรณ์ GPS ก็สามารถคำนวณตำแหน่งของมันบนโลกได้อย่างแม่นยำ ระบบ GPS จะใช้ฐานเวลาที่มาจากสัญญาณนาฬิการะดับอะตอมที่มีความแม่นยำสูงมากในดาวเทียม GPS และชิปคำนวณที่สามารถอ่าน และแก้โจทย์สมการที่จำเป็นต่อการคำนวณหาระยะทาง และตำแหน่งได้นับร้อยๆ ครั้งในหนึ่งนาที ซึ่งสัญญาณนาฬิกาจากดาวเทียม GPS จะมีความแม่นยำระดับ 10 นาโนวินาที หรือ 1 ในพันล้านวินาที



รูปที่ 2.15(ก) หลักการทำงานภายในตัว GPS module

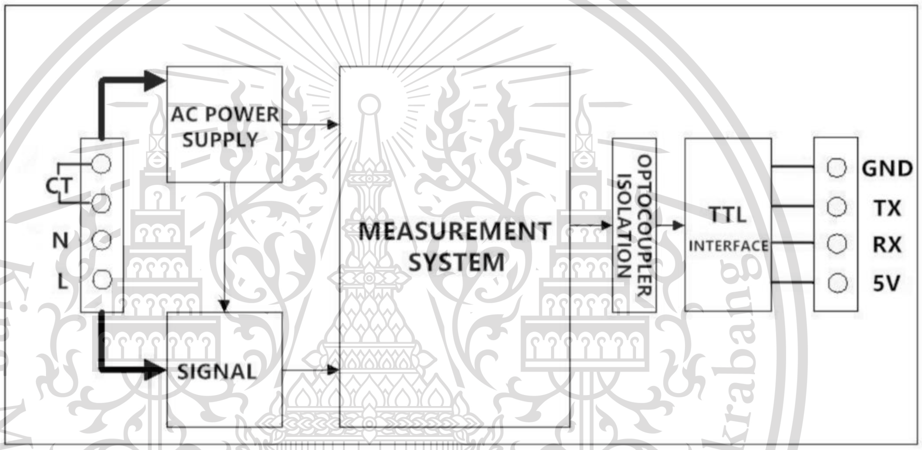


รูปที่ 2.15(ข) GPS module

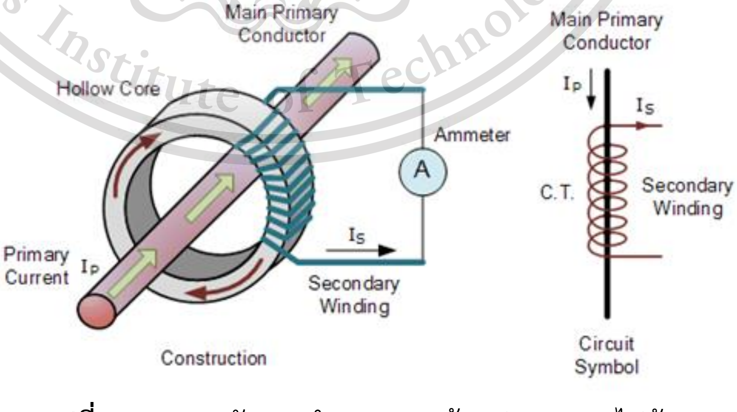
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.6 AC Digital Power Energy Meter Module

PZEM-004T AC Digital Power Energy Meter Module โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าของไฟบ้าน วัดค่ากระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ วัดค่ากำลังไฟฟ้า และวัดค่ากำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง (Wh) ซึ่งสามารถนำค่าเหล่านี้ไปใช้คำนวณค่าไฟฟ้าได้ รวมถึงการคำนวณตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้เช่นกัน สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ในช่วง 80 - 260VAC และวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ในช่วง 0 - 100A ทำงานได้ที่ความถี่ในช่วง 45 - 65Hz แยกไฟสูงออกจากไฟต่ำด้วยออปโต้ ทำให้เมื่อใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วไม่เสี่ยงโดนไฟดูด วัดค่ากระแสไฟฟ้าด้วย CT Current Transformer และสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย UART (หรือ Serial)



รูปที่ 2.16(ก) หลักการทำงานภายในเซนเซอร์วัดกำลังไฟฟ้า



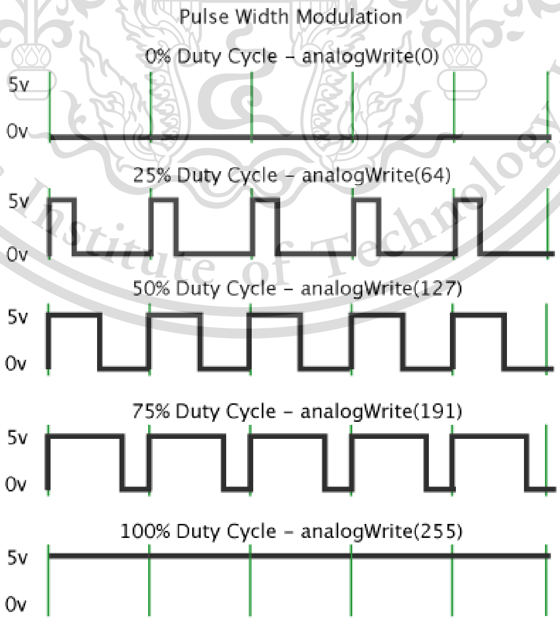
รูปที่ 2.16(ข) หลักการทำงานของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.16(ค) เซนเซอร์วัดกำลังไฟฟ้า

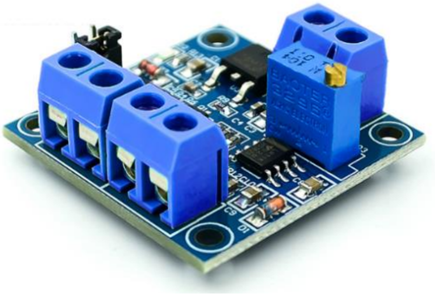
2.4 PWM to analog module

PWM to analog มีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ PWM ขาเข้าให้เป็นสัญญาณแรงดันขนาด 0-10 โวลต์ขาออก โดยแรงดันขาออกนั้นจะขึ้นอยู่กับค่า Duty cycle ของสัญญาณ PWM ขาเข้า ตัวอย่างเช่น ถ้า Duty cycle อยู่ที่ 100% แรงดันขาออกจะมีค่า 10 โวลต์ แต่ถ้าหาก Duty cycle ของสัญญาณ PWM อยู่ที่ 50% แรงดันขาออกจะมีค่าอยู่ที่ 5 โวลต์ โดยแรงดันที่ออกมาจะมีค่าผิดพลาดอยู่ที่ประมาณ 5% ในกรณีที่ความถี่ของสัญญาณ PWM อยู่ในช่วง 1000-3000 Hz



รูปที่ 2.17(ก) Duty cycle ของสัญญาณ PWM ที่ค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.17(ข) PWM to analog 0-10V module

2.5 IP camera

กล้องวงจรปิด IP Camera คือระบบกล้องวงจรปิดรูปแบบหนึ่ง ซึ่ง “IP” ย่อมาจาก Internet Protocol เป็นระบบกล้องวงจรปิดที่สามารถเชื่อมต่อเทคโนโลยีใหม่ๆ หลายรูปแบบเข้าไว้ด้วยกัน เน้นเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ การเฝ้าระวัง แจ้งเตือน โดยสามารถนำข้อมูลภาพไปประยุกต์การใช้งานรวมกับปัญญาประดิษฐ์ (AI) มีความละเอียดสูง สามารถเชื่อมต่อกับ Server สามารถดูภาพสดบนระบบอินเตอร์เน็ตและระบบเครือข่ายได้ โดยผู้ใช้งานสามารถจัดการควบคุมและตรวจดูภาพจากกล้องวงจรปิดระยะไกลเพื่อรักษาความปลอดภัยเฝ้าระวังจากบ้าน สำนักงาน ห้างสรรพสินค้า โรงแรม หรือแม้แต่โรงงาน และยังสามารถขยายจำนวนกล้องได้อย่างไร้ขีดจำกัด โดยควบคุมกล้องวงจรปิดทั้งหมดได้จากศูนย์ควบคุมแห่งเดียว แม้ติดตั้งอยู่คนละพื้นที่ก็สามารถเชื่อมต่อข้อมูลผ่านอินเตอร์เน็ตได้

2.5.1 ประเภทของกล้องวงจรปิด IP

1. ทำงานและบันทึกภาพได้ด้วยตัวเอง (Stand Alone) กล้องวงจรปิด IP Camera แบบนี้มักมีรูปแบบคล้ายกล้อง Webcam สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต Wi-Fi บันทึกภาพในตัวเองผ่านหน่วยความจำภายใน ส่วนใหญ่ในรูปแบบของ Micro SD Card เพียงต่ออินเทอร์เน็ตก็สามารถดูภาพออนไลน์ได้

2. ทำงานร่วมกับ Server เพื่อบันทึกภาพ กล้องวงจรปิด IP Camera แบบนี้ต้องทำงานร่วมกับเครื่องบันทึกภาพ Network Video Recorder (NVR) หรือเชื่อมต่อกับ Server โดยบันทึกภาพผ่านหน่วยความจำฮาร์ดดิสที่มีขนาดใหญ่ บ้าน หรือ องค์กร ที่เน้นเรื่องการรักษาความปลอดภัย ต้องการเก็บข้อมูลภาพย้อนหลังได้ระยะเวลานาน มีจำนวนกล้องเยอะ หรือต้องการใช้งานร่วมกับปัญญาประดิษฐ์เพิ่มเอาข้อมูลภาพไปวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.2 การทำงานของกล้องวงจรปิด IP

1.เดินสายสัญญาณ : โดยใช้สายเชื่อมต่อกับโมเด็มบรอดแบนด์หรือเราเตอร์ผ่านสายอีเธอร์เน็ต นี่เป็นวิธีที่เร็วและปลอดภัยที่สุดในการเชื่อมต่อขจัดโอกาสของการสกัดกั้นสัญญาณและการรบกวน

2. ไร้สาย Wi-Fi : แบบนี้จะส่งข้อมูลในอัตราที่ช้ากว่าเครือข่ายแบบใช้สายและมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นในการเข้าถึงที่ไม่ได้รับอนุญาตถึง ความปลอดภัยที่ลดลงนั้นแลกมาด้วยความง่ายในการติดตั้งและปรับแต่งเครือข่ายไร้สาย แต่สัญญาณจะถูกรบกวนได้งานกว่าการเดิมสาย

3. เครือข่ายมือถือ : มีแนวโน้มที่จะช้าที่สุดในสามเครือข่าย แต่มีความปลอดภัยมากกว่า Wi-Fi หากกล้องมีการติดตั้งเครื่องส่งสัญญาณแบบเซลลูลาร์ ก็ไม่จำเป็นต้องใช้ LAN ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องติดตั้ง อย่างไรก็ตามกล้องประเภทนี้อาจมีราคาค่อนข้างสูงโดยเฉพาะเมื่อส่งสัญญาณวิดีโอคุณภาพสูง และอาจมีค่าบริการอินเตอร์เน็ตเพิ่มขึ้นมาด้วย

2.5.3 ประโยชน์ของกล้องวงจรปิด IP Camera

1. Multiple Sensor เซ็นเซอร์หลายตัว: กล้อง IP มีความสามารถในการบรรจุสามหรือสี่กล้องในกล้องตัวเดียวเดียว ซึ่งสามารถครอบคลุมพื้นที่ที่ปกติอาจนำกล้องหลายตัวมาปิด โดยทั่วไปคุณใช้กล้องสี่ตัว

2. ค่าใช้จ่ายลดลง : กล้องไอพี IP Camera สามารถเชื่อมต่อระบบผ่านเน็ตเวิร์ค ซึ่งสามารถออกแบบให้ใช้สายสัญญาณลดลงได้ ยิ่งจำนวนกล้องมากขึ้นเท่าไร ก็ยิ่งประหยัดค่าใช้จ่ายมากขึ้นเท่านั้น

3. ความง่ายในการติดตั้ง : กล้องไอพี IP Camera ใช้เพียงสายสัญญาณเส้นเดียวสำหรับทั้งข้อมูลและกำลังไฟที่เชื่อมต่อกับสวิตช์เครือข่าย

4. ความละเอียด : กล้อง IP มีคุณภาพของภาพที่เหนือกว่าของอนาล็อก

5. ความฉลาดและการวิเคราะห์ : กล้อง IP นั้นโดยทั่วไปแล้วเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่บีบอัดและจัดเก็บวิดีโอ รวมถึงสามารถตั้งโปรแกรมเพื่อให้การวิเคราะห์ทุกประเภท สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว หรือควัน นับคน ติดตามสิ่งของ

6. ความปลอดภัย : วิดีโอได้รับการเข้ารหัสและรับรองความถูกต้องเพื่อการส่งผ่านที่ปลอดภัย

7. อุปกรณ์น้อย : ในขณะที่ใช้กล้องอนาล็อกต้องมีตัวเข้ารหัสหรือตัวถอดรหัสไม่จำเป็นต้องใช้กับ IP

8. แพลตฟอร์มเปิด : สามารถเชื่อมต่อระบบกล้องไอพี IP Camera กับอะไรก็ได้เนื่องจากเป็นระบบสากล สิ่งนี้ทำให้การเพิ่มฟังก์ชันใหม่ๆ ในระบบง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.4 ข้อเสียของกล้องวงจรปิด IP Camera

1. ค่าใช้จ่ายในการตั้งค่าเริ่มต้น : อาจมีค่าใช้จ่ายมากกว่าในการตั้งค่าระบบกล้อง IP ในตอนแรกหากเปลี่ยนจากระบบอนาล็อก อย่างไรก็ตามเมื่อตั้งค่าแล้วสามารถปรับแต่งและปรับขนาดระบบได้ง่ายขึ้นตามต้องการ

2. ที่เก็บข้อมูล : กล้อง IP มีความละเอียดสูงกว่าดังนั้นจึงสร้างไฟล์ที่มีขนาดใหญ่กว่าอนาล็อก ดังนั้นจะต้องปรับพื้นที่เก็บข้อมูลให้เหมาะสม

รูปที่ 2.18 IP camera

2.6 Blynk

Blynk เป็นแพล๊ตฟอร์มสำหรับการพัฒนาแอพพลิเคชั่นสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไอโอที (IoT) ให้สามารถใช้งานร่วมกันกับอุปกรณ์โมบายโฟน แอพพลิเคชั่นต่างๆ โดยสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบ IOS และAndroid ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเชื่อมต่อกับแอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้น เพื่อสื่อสาร, สั่งงาน และ รับส่งข้อมูลกันได้ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถสั่งงานอุปกรณ์แสดงผลต่างๆ เช่น รีเลย์ ผ่านทางแอพพลิเคชั่นบนมือถือไปยังอุปกรณที่อยู่ตำแหน่งใดๆก็ได้ที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตได้ และทำนองเดียวกันก็สามารถอ่านค่าข้อมูลที่ถูกส่งเข้ามา เช่น ค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์จากอุปกรณ์ที่เราสร้างขึ้นและติดตั้งไว้ในที่ใดๆ ก็ได้ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้มาแสดงผลที่แอพพลิเคชั่นได้โดยง่าย โดยอาศัยเครือข่ายการสื่อสารของอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อกลาง

2.6.1 องค์ประกอบของแพล๊ตฟอร์ม Blynk

1. Blynk app คือ แอพลิเคชันในโทรศัพท์ที่มีเครื่องมือต่างๆ สำหรับการแสดงผลและการควบคุมอุปกรณ์

2. Blynk Server คือ ตัวกลางในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทั้งหมด สามารถใช้คลาวด์ Blynk ของทางแพล๊ตฟอร์ม Blynk หรือ ตั้งเซิร์ฟเวอร์เองผ่าน Single Board computer เช่น Raspberry Pi หรือ บอร์ดอื่นๆ ได้

3. ไลบรารี่ Blynk คือ ชุดไลบรารี่สำหรับพัฒนาโปรแกรมในแพล็ตฟอร์มอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6.2 ไอโอทีแพล็ตฟอร์ม (IoT Platform)

ระบบไอโอทีที่สมบูรณ์ต้องใช้ฮาร์ดแวร์ เช่น เซนเซอร์หรืออุปกรณ์ ซึ่งเป็นตัวตรวจจับ (Sensor) รวบรวมข้อมูลจากสิ่งที่ต้องการวัด จากนั้นจะมีการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์กับระบบคลาวด์เพื่อส่งข้อมูลทั้งหมดไปยังระบบคลาวด์ หรือต้องการรับคำสั่งจากระบบคลาวด์ สำหรับระบบไอโอทีบางระบบอาจมีขั้นตอนกลางระหว่างฮาร์ดแวร์และการเชื่อมต่อกับระบบคลาวด์เช่นเกตเวย์หรือเราเตอร์ โดยที่ระบบคลาวด์จะมีซอฟต์แวร์โฮสต์ในระบบคลาวด์ และมีหน้าที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากเซนเซอร์และการตัดสินใจ แล้วติดต่อผู้ใช้งานรวมทั้งผู้ใช้ยังสามารถตอบโต้กับระบบไอโอทีได้อีกด้วย

2.7 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานความสว่างในพื้นที่สาธารณะ

ชนิดของพื้นที่	ความส่องสว่างเฉลี่ยวัดในแนวระดับต่ำสุด (lux)
สวนสาธารณะ	10
ในตลาด (ในอาคาร)	100
ลานตลาด (นอกอาคาร)	30
สนามเด็กเล่น	50
ลานจอดรถสาธารณะ	15
ลานกีฬาชุมชน	50
สะพาน	30
สะพานลอยคนข้าม	15
ทางเดินเท้า (ฟุตบาท)	7
ทางม้าลาย	45
ศาลาที่พักผู้โดยสารรถประจำทาง	30
ป้ายจอดรถประจำทาง (ไม่มีศาลา)	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการป้องกันสภาพแวดล้อมภายนอก

รหัส	รหัสตัวแรกแสดงความสามารถในการป้องกันวัตถุ (ของแข็ง) เล็ดลอดเข้าภายใน	รหัสตัวที่สองแสดงความสามารถในการป้องกันของเหลวเข้าไปทำความเสียหาย
0	ไม่มีการป้องกัน	ไม่มีการป้องกัน
1	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 50 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาในแนวดิ่งได้
2	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 12 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำที่ตกลงมาในแนวดิ่งและในแนวที่ทำมุม 15 องศากับแนวดิ่งได้
3	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2.5 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันน้ำฝนที่ตกลงมาในแนวทำมุม 60 องศากับแนวดิ่งได้
4	สามารถป้องกันของแข็งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 1 มม. ที่มากระทบไม่ให้ผ่านลอดเข้าไปข้างในได้	สามารถป้องกันหยดน้ำหรือน้ำที่สาดมาจากทุกทิศทางได้
5	สามารถป้องกันฝุ่นได้	สามารถป้องกันน้ำที่ถูกฉีดมาตกกระทบในทุกทิศทางได้
6	สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์	สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากน้ำฉีดอย่างรุนแรงเข้าทุกทิศทางได้
7		สามารถป้องกันความเสียดายที่เกิดจากน้ำท่วมได้
8		สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมอย่างถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8 มาตรฐาน ONVIF

ONVIF (Open Network Video Interface Forum) คือ มาตรฐานกลางระดับโลกที่สามารถให้กล้อง IP สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์บันทึก ซึ่งมีหลายบริษัทที่ผลิตกล้องออกมาเยอะจึงต้องมีมาตรฐานมารองรับ โดยไม่ต้องพึ่งซอฟต์แวร์ของค่ายผู้ผลิตกล้อง เป็นการรวมกลุ่มกันของแต่ละบริษัทให้เป็นไปตามรูปแบบสากลมากขึ้น มีความมุ่งเน้นที่จะสร้างความปลอดภัยของเครือข่ายการตลาด สร้างมาตรฐานของ IP-Based physical security ให้เป็นมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับทั่วโลก โดย ONVIF จะช่วยทำทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ทดสอบเครื่องมืออุปกรณ์ และแสดงโครงสร้างกระบวนการตามรูปแบบที่ถูกต้อง

2.8.1 ข้อดีสำหรับมาตรฐาน ONVIF

1. กล้องวงจรปิด IP CAMERA สามารถใช้งานร่วมกับกล้องรุ่นอื่นได้
2. กล้องค่ายอื่นก็สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องบันทึก NVR ของค่ายอื่น
3. ในอนาคตสามารถอัพเกรดกล้องรุ่นใหม่มาใช้งานแทนกล้องรุ่นเก่า
4. เมื่อเปลี่ยนเครื่องบันทึกไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนกล้องใหม่ทั้งระบบ
5. ทำให้ประหยัดค่าบำรุงรักษาระบบ โดยที่ใช้งานได้ทั้งระบบเก่าและระบบใหม่

2.9 มาตรฐานความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์กระแส

มาตรฐาน IEC 1000-3-2 and IEC 61000-3-2:2018

มาตรฐานนี้ระบุถึงส่วนประกอบปริมาณฮาร์มอนิกส์ของกระแสขาเข้าที่อาจถูกสร้างจาก อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทดสอบภายใต้เงื่อนไข โดยครอบคลุมในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่มี กระแสเข้าไม่เกิน 16 แอมแปร์ต่อเฟส ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำที่มีแรงดันปกติอย่างน้อยไม่ ต่ำกว่า 220 โวลต์ โดยมาตรฐานนี้จะทำการแบ่งประเภทอุปกรณ์ เพื่อจัดกลุ่มในการกำหนดปริมาณ กระแสฮาร์มอนิกส์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม (A, B, C และ D) ดังนี้

กลุ่ม A: อุปกรณ์ไฟฟ้าแบบสามเฟสสมดุล และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่อยู่ในกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งจะมีค่ากำหนด ปริมาณกระแสฮาร์มอนิกส์

กลุ่ม B: ในกลุ่มนี้เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถถือได้ขณะใช้งานปกติ และใช้งานในช่วงเวลาสั้น ๆ (ไม่กี่ นาที) เท่านั้น โดยจะมีค่ากำหนดปริมาณกระแสฮาร์มอนิกส์เป็น 1.5 เท่าของกลุ่ม A

กลุ่ม C: ในกลุ่มนี้จะเป็นอุปกรณ์ส่องสว่าง รวมทั้งอุปกรณ์หรี่แสง จะมีค่ากำหนดปริมาณกระแส ฮาร์มอนิกส์ตามตารางที่ 2.4 [25]

กลุ่ม D: ในกลุ่มนี้จะเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรูปคลื่นกระแสเข้าพิเศษ และกำลังไฟฟ้าจริงขาเข้าไม่เกิน 600 วัตต์ จะมีค่ากำหนดปริมาณกระแสฮาร์มอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดย กลุ่ม C จะเป็นอุปกรณ์ส่องสว่าง รวมทั้งอุปกรณ์หรี่แสง และมีค่ากำหนดปริมาณกระแส ฮาร์มอนิกส์ดังตารางที่ 2.4 อย่างไรก็ดี ถ้าอุปกรณ์ส่องสว่างต่ำกว่าหรือเท่ากับ 25 วัตต์จะต้องใช้ค่า กำหนดปริมาณกระแสฮาร์มอนิกส์ในกลุ่ม D

ตารางที่ 2.4 ค่าจำกัดกระแสฮาร์มอนิกส์สำหรับอุปกรณ์กลุ่ม C

ลำดับฮาร์มอนิกส์ (n)	ค่ากระแสฮาร์มอนิกส์สูงสุด ที่ยอมรับได้โดยคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ของกระแส ความถี่หลักมูล (%f)
2	2
3	30*λ
5	10
7	7
9	5
11≤n≤39 (เฉพาะลำดับคี่)	3

** λ คือ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor)

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

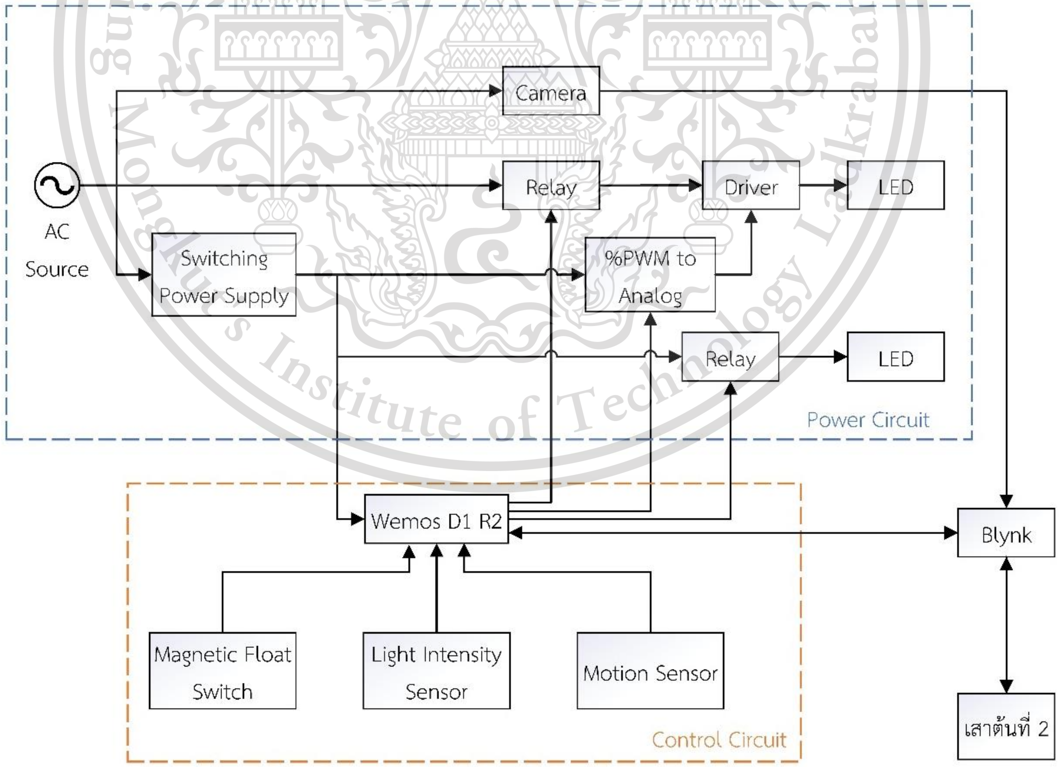
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างวงจร

การออกแบบเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะ ขั้นต้นได้มีการรับไฟมาจากการไฟฟ้าเพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลักให้กับวงจรควบคุม โดยวงจรควบคุมนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 วงจร คือวงจรกำลัง (Power Circuit) ที่ใช้ในการเปิด-ปิด รวมไปถึงป้องกันไฟสาธารณะอัจฉริยะและวงจรควบคุม (Control Circuit) ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการควบคุมแสงสว่าง และส่วนของการควบคุมการทำงานของเซนเซอร์อื่นๆ

3.1 การออกแบบโครงสร้างเสาไฟฟ้าอัจฉริยะ

ในการออกแบบนั้นได้มีการแบ่งส่วนของการออกแบบเป็น 3 ส่วน ได้แก่ โครงสร้างการทำงาน, โครงสร้างภายนอกของเสา และ การจำลองการทำงานรวมทั้งการติดตั้งภายนอกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.1(ก) บล็อกไดอะแกรมการทำงานของไฟสาธารณะอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.1(ข) โครงสร้างภายนอกของเสาไฟฟ้าอัจฉริยะ

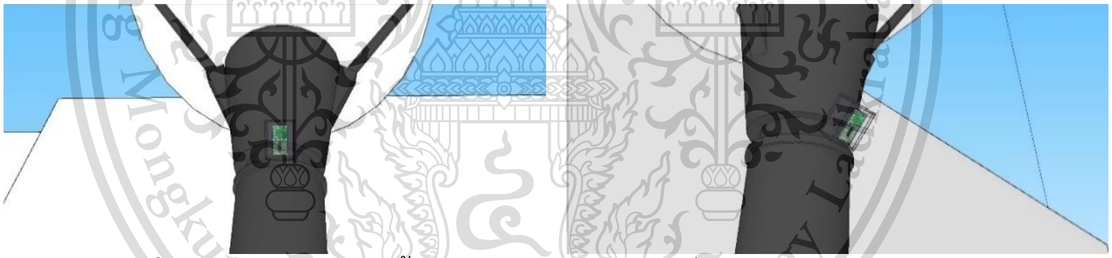
โครงสร้างการทำงานของเสาไฟทั้งสามารถจะแสดงภาพรวมการเชื่อมต่อรวมทั้งการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.1(ก) ที่จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่วงจรกำลังที่ประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์, สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย, รีเลย์, ไดร์เวอร์, โมดูลแปลงสัญญาณเปอร์เซ็นพีดับบลิวเอ็ม(%PWM), หลอดไฟแอลอีดี และกล้องวงจรปิด โดยในส่วนนี้จะแสดงลักษณะการจ่ายไฟโดยการใช้ลูกศรกำกับการจ่ายไฟ และ ในส่วนของวงจรควบคุมจะประกอบไปด้วย บอร์ดควบคุมวีมอสดีหนึ่งอาร์สอง (Wemos D1 R2), เซนเซอร์วัดค่าความเข้มแสง, เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว และสวิตซ์ระดับน้ำ โดยในส่วนนี้จะใช้ลูกศรกำกับทิศทางการรับ-ส่งข้อมูลทั้งภายในและภายนอกวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 โครงสร้างภายนอกของเสา

ในการออกแบบโครงสร้างภายนอกของเสา รวมทั้งการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ นั้นถูกจำลองโดยโปรแกรม Sketchup ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.1(ข) โดยในขั้นต้นได้ทำการกำหนดให้ตัวเสาไฟฟ้ามีความสูงอยู่ที่ 3 เมตร และ ได้มีการเพิ่มฟังก์ชันการทำงานของตัวเสาไฟฟ้าอยู่ 8 ฟังก์ชัน ได้แก่

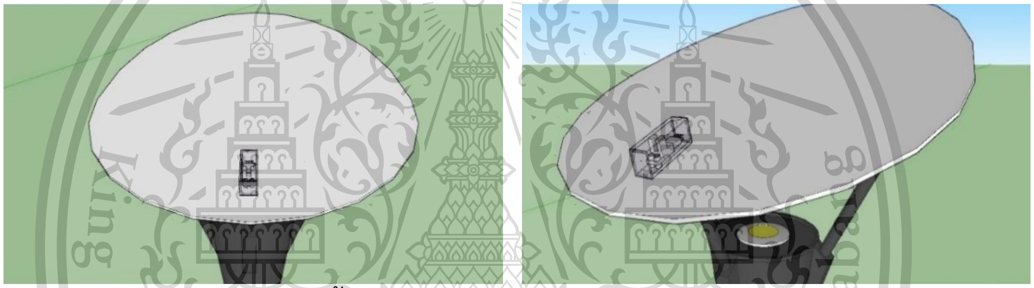
1. เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยเมื่อตัวเซนเซอร์ตรวจพบการเคลื่อนไหว เซนเซอร์จะทำการแปลงสัญญาณที่ตรวจจับได้ไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปควบคุมความสว่างของหลอดไฟ โดยเมื่อมีการเคลื่อนไหวที่บริเวณของเสาไฟฟ้า ระบบควบคุมจะทำการค่อยๆ เพิ่มค่าเปอร์เซ็นความสว่างของหลอดไฟจากค่าปัจจุบันไปจนถึง 100 เปอเซ็น พร้อมทั้งสถานะการตรวจพบการเคลื่อนไหวได้ถูกนำไปแสดงผลผ่านทางแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ (Blynk) ซึ่งสถานะการตรวจพบการเคลื่อนไหวนั้นเป็นการแสดงผลแบบเรียลไทม์ โดยได้มีการออกแบบตำแหน่งติดตั้งของเซนเซอร์ให้อยู่ที่บริเวณด้านหน้าของโคมเพื่อให้ประสิทธิภาพของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสามารถมีรัศมีในการตรวจจับได้กว้างมากขึ้น และได้ทำการออกแบบเคสป้องกันของตัวเซนเซอร์ เนื่องจากตัวอุปกรณ์ไม่สามารถทนน้ำได้ เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาให้กับตัวอุปกรณ์



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion sensor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

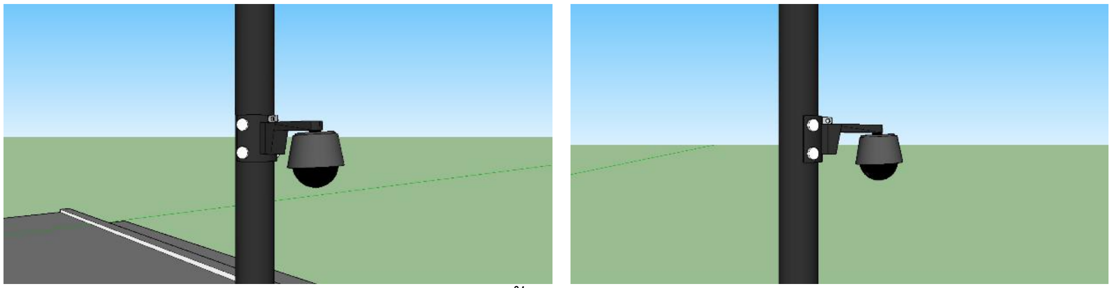
2. เซนเซอร์ตรวจจับความเข้มแสง (Light intensity sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดค่าความเข้มแสง เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่เซนเซอร์ โดยค่าความเข้มแสงที่วัดได้สามารถวัดได้ตั้งแต่ 1-65535 ลักซ์ โดยระบบควบคุมจะทำการตรวจสอบค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากเซนเซอร์นั้นมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าค่าความเข้มแสงที่วัดได้นั้นมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด หลอดไฟจะทำงานโดยอัตโนมัติ แต่ถ้าหากค่าความเข้มแสงที่วัดได้นั้นมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนด หลอดไฟจะทำการปิดโดยอัตโนมัติ พร้อมทั้งค่าความเข้มแสงที่วัดได้จะถูกนำไปแสดงผลผ่านทางแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ (Blynk) ซึ่งค่าความเข้มแสงที่ได้นั้นจะเป็นการแสดงผลแบบเรียลไทม์ โดยได้มีการออกแบบตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ให้อยู่ที่บริเวณด้านบนสุดของตัวโคม เนื่องจากต้องการให้เซนเซอร์อยู่ในตำแหน่งที่อยู่สูงเพื่อให้เซนเซอร์มีประสิทธิภาพในการตรวจจับความเข้มแสงได้อย่างเต็มที่ และไม่บดบังแสงที่สะท้อนจากตัวโคมที่อาจทำให้เกิดเงาบนพื้นได้



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับความเข้มแสง (Light intensity sensor)

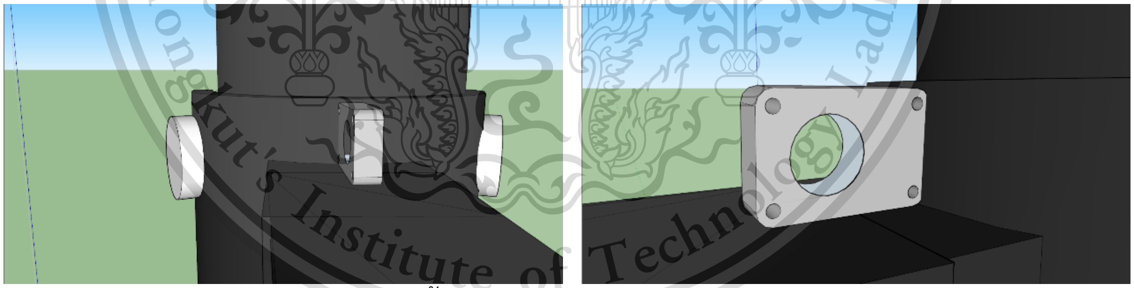
3. กล้องวงจรปิดไอพี (IP Camera) เป็นระบบกล้องวงจรปิดที่สามารถเชื่อมต่อผ่านอินเตอร์เน็ตได้ ซึ่งสามารถดูภาพถ่ายทอดสดบนระบบอินเตอร์เน็ตและระบบเครือข่ายได้ โดยกล้องวงจรปิดที่ได้นำมาติดตั้ง เป็นชนิดสปีดโดม ซึ่งสามารถที่จะปรับการหมุน ก้มเงย หรือซูมได้ ซึ่งสามารถซูมภาพได้ไกลถึง 500 เมตร โดยตัวกล้องได้รองรับมาตรฐานกันน้ำกันฝุ่น IP66 จึงทำให้กล้องชนิดนี้จัดเป็นกล้องที่สามารถติดตั้งอยู่ภายนอกอาคารได้ โดยภาพถ่ายทอดสดที่ได้จากกล้องวงจรปิดไอพีจะถูกนำไปแสดงอยู่บนแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ (Blynk) ซึ่งภาพที่ได้จะเป็นการแสดงผลแบบเรียลไทม์ โดยได้มีการออกแบบตำแหน่งการติดตั้งกล้องวงจรปิดให้อยู่สูงจากพื้นดินอยู่ที่ 2.2 เมตร เนื่องจากต้องการให้กล้องวงจรปิดสามารถมองเห็นได้กว้าง และไม่เป็นสิ่งกีดขวางในทางเดินสวนสาธารณะ และจากตำแหน่งในการติดตั้งของตัวกล้องวงจรปิด นั้นทำให้เกิดเงาที่แสดงอยู่บนพื้นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการติดตั้งกล้องวงจรปิดไอพี (IP Camera)

4. เซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น ควัน PM2.5 (Dust sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับฝุ่นละอองในอากาศ โดยเมื่อตัวเซนเซอร์สามารถตรวจพบฝุ่นละอองในอากาศ เซนเซอร์จะแสดงค่าฝุ่นที่วัดได้ เป็นแรงดันไฟฟ้าตามระดับปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ โดยปริมาณของฝุ่นในอากาศที่วัดได้นั้นจะมีหน่วยวัดมาตรฐานเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) จากนั้นนำค่าปริมาณฝุ่นที่ได้ไปแสดงผลผ่านแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ (Blynk) ซึ่งปริมาณฝุ่นที่แสดงอยู่บนแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์จะเป็นการแสดงผลแบบเรียลไทม์ โดยได้มีการออกแบบตำแหน่งการติดตั้งของอุปกรณ์ให้อยู่บริเวณที่ด้ามเหล็กที่ยื่นออกมาจากกล้องวงจรปิด และได้ทำการออกแบบเคสป้องกันให้กับตัวอุปกรณ์ เนื่องจากตัวอุปกรณ์ไม่สามารถทนน้ำได้ จึงได้มีการออกแบบเพิ่มเติมเพื่อให้ในวันที่มีสภาพอากาศที่ไม่ดี มีฝนตกหนัก ตัวอุปกรณ์ก็ยังสามารถทำงานได้อย่างปกติ

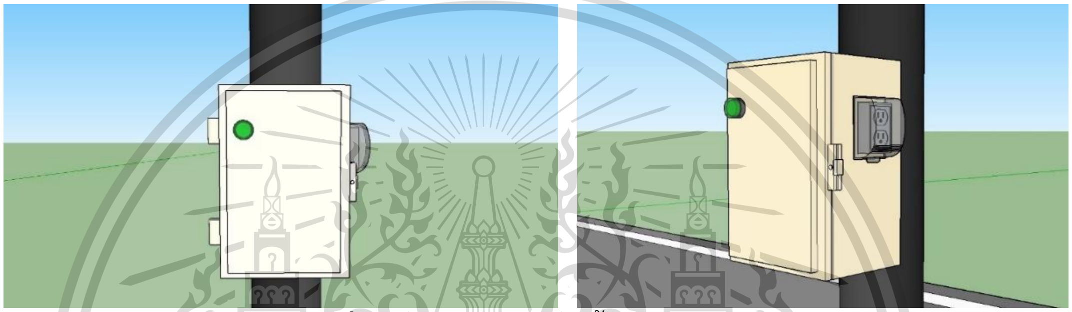


รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น ควัน PM2.5 (Dust sensor)

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

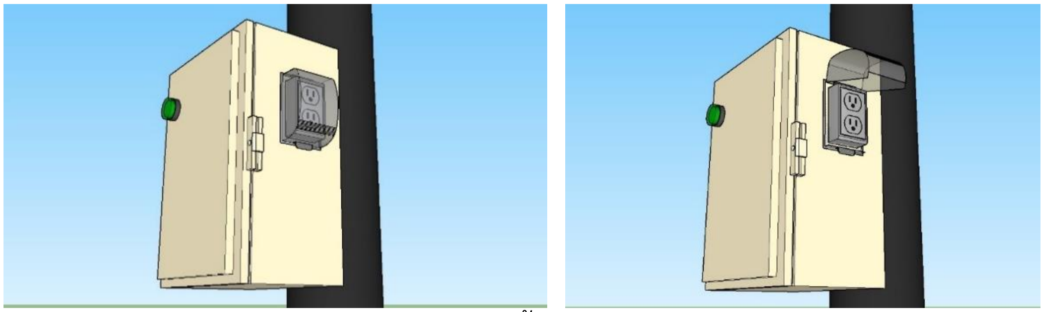
5. กล่องควบคุม โดยภายในกล่องจะเป็นกล่องไว้บรรจุ เซนเซอร์ ชุดวงจรควบคุม สายไฟต่างๆ ให้อยู่ภายในกล่อง เพื่อที่จะเป็นการป้องกันอันตรายต่ออุปกรณ์ที่อยู่ภายในกล่องควบคุมรวมไปถึงความปลอดภัยในการใช้งาน โดยตัวกล่องนั้นได้รับมาตรฐานในการป้องกันน้ำและฝุ่น จึงทำให้สามารถติดตั้งบริเวณภายนอกอาคารได้ พร้อมทั้งทำให้สะดวกในการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ภายในกล่อง หากอุปกรณ์ที่อยู่ภายในกล่องควบคุมนั้นเกิดการชำรุด หรือเสียหาย ก็สามารถที่จะทำการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้ง่าย โดยได้มีการออกแบบให้ตัวกล่องติดตั้งอยู่บริเวณที่ด้านหลังของตัวเสา และอยู่สูงจากพื้น 1 เมตร



รูปที่ 3.6 ตำแหน่งการติดตั้งกล่องควบคุม

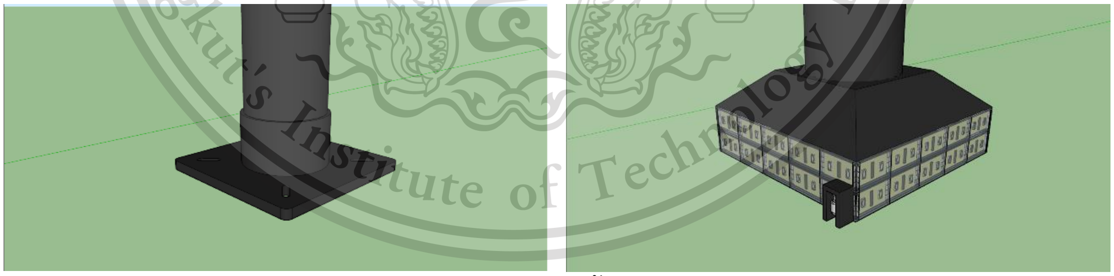
6. เต้ารับ (Receptacle) โดยเต้ารับที่ได้นำมาติดตั้งนั้นได้รองรับมาตรฐาน มอก. ซึ่งตัวเต้ารับจะสามารถรองรับปลั๊กได้เฉพาะชนิด หัวกลม 2 ขาเยอรมัน หัวแบน 2 ขา หัวแบน 3 ขา มีกราวด์ และ หัวกลม 3 ขา มอก. ซึ่งถ้าหากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการนำมาใช้งานนั้น มีหัวปลั๊กที่แตกต่างไปจากที่กล่าวมาข้างต้น จะไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งถ้าหากต้องการใช้งานต้องมีการใช้หัวแปลงปลั๊กเพื่อให้สามารถใช้งานได้ โดยเต้ารับที่ได้นำมาติดตั้งนี้มี ม่านชัทเตอร์นิรภัย กั้นไว้ก่อนที่จะสัมผัสกับโลหะภายในเพื่อที่จะเป็นการป้องกันเศษลวด หรือฝุ่นละอองต่างๆ เข้าไปในตัวเต้ารับ เพื่อที่จะเป็นการป้องกันการเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน รวมไปถึงป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับตัวอุปกรณ์ โดยตัวเต้ารับเราได้ออกแบบให้มีฝาปิดเพื่อเป็นการป้องกันฝุ่นและน้ำฝนที่อาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อวงจร โดยเต้ารับนี้จุดประสงค์หลักๆก็คือต้องการให้ผู้คนสามารถที่จะใช้งานได้ตามสะดวก เช่น ชาร์จโทรศัพท์ หรือจะเป็นการชาร์จสกูตเตอร์ไฟฟ้า โดยได้มีการออกแบบให้เต้ารับติดตั้งอยู่ที่ด้านขวาของกล่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งการติดตั้งเต้ารับบนกล่องควบคุม

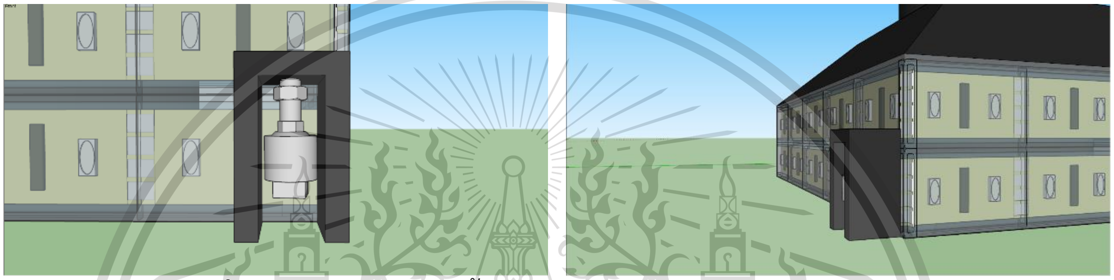
7. ไฟ LED ที่ฐานเสา โดยไฟ LED ที่ฐานเสาถูกออกแบบมาใช้งานในกรณีที่เกิดน้ำท่วมขังบริเวณเสาไฟ ซึ่งจะทำงานร่วมกับสวิตช์ลูกลอย ทั้งนี้การมีแสงสว่างภายใต้บริเวณน้ำท่วมขังสามารถช่วยเพิ่มวิสัยทัศน์ได้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยในเรื่องของป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นได้รวมถึงหลีกเลี่ยงกับสิ่งกีดขวางต่างๆ นอกจากนี้ยังช่วยเป็นไฟนำทางได้ ในกรณีที่มองไม่เห็นพื้นถนน ก็จะสามารถสังเกตไฟจากบริเวณฐานเสานี้ได้ แอลอีดีนี้ได้ออกแบบโดยใช้ LED แบบเส้นขนาด 12 โวลต์จำนวน 4 เส้น ติดตั้งบริเวณรอบฐานเสาโดยจะติดตั้งด้านละ 1 เส้น แอลอีดีทั้ง 4 เส้นจะต่อขนานกันเผื่อในกรณีที่มีเส้นใดเส้นหนึ่งที่เสียหายก็จะยังสามารถทำงานต่อได้ และสีของแอลอีดีที่เลือกใช้นั้นจะเป็นสีขาวหรือสีโทนสว่างเนื่องจากสีโทนนี้จะให้วิสัยทัศน์ได้ดีกว่าโทนสีอื่นๆ เช่น สีส้มหรือสีฟ้า นอกจากนี้ยังได้ทำการติดตั้งเคสอะคริลิกที่ใช้สำหรับป้องกันแอลอีดีชำรุดเสียหายจากน้ำท่วมหรือปัจจัยภายนอกอื่นๆ รวมทั้งการติดตั้งเคสนี้ก็จะช่วยป้องกันผู้ใช้ถนนจากไฟช็อตที่เกิดจากแอลอีดีในกรณีที่เกิดความผิดพลาดขึ้น



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งการติดตั้งไฟ LED ที่ฐานเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

8. สวิตช์ลูกลอย (Magnetic float switch) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับสถานะของระดับน้ำ โดยในสถานะปกติสายไฟที่ต่อมาจากตัวสวิตช์ลูกลอยจะไม่นำกระแสไฟฟ้า หรือก็คือสวิตช์ที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์นั้นเป็นวงจรเปิด (Open Circuit) แต่เมื่อระดับน้ำมีการสูงขึ้นเรื่อยๆ สวิตช์ที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์จะทำการปิดวงจร (Close Circuit) ซึ่งส่งผลให้สายไฟที่ต่อมาจากตัวสวิตช์ลูกลอยนั้นเริ่มมีการนำกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น โดยได้มีการออกแบบให้ตัวสวิตช์ลูกลอยติดตั้งอยู่บริเวณที่ด้านหลังของเคสที่ฐานเสา โดยเมื่อน้ำท่วมสูงจนถึงระดับที่สวิตช์ลูกลอยทำงานก็จะทำการ Close Circuit ทำให้ ไฟ LED ที่ฐานเสาสว่างขึ้น



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการติดตั้งสวิตช์ลูกลอย (Magnetic float switch)

3.3 การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

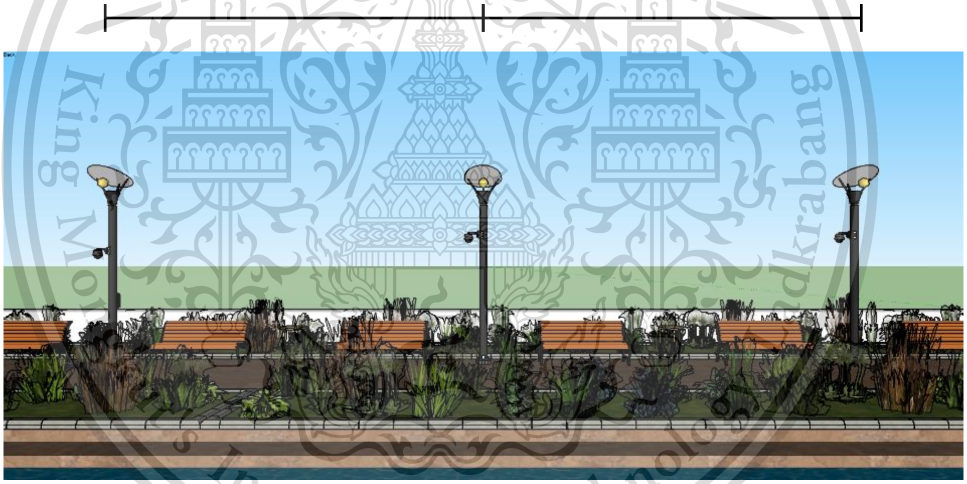
ในการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะใช้ 2 โปรแกรม คือ Sketchup และ DIALux เพื่อเป็นการจำลองสถานที่ติดตั้งของเสาไฟฟ้า และออกแบบวิธีการติดตั้งเสาไฟฟ้า

3.3.1 การจำลองด้วยโปรแกรม Sketchup

ในการจำลองสถานที่ได้มีการสร้างส่วนของทางเดินที่เป็นสวนสาธารณะเพื่อใช้ในกรณีศึกษาโดยได้ใช้โปรแกรม Sketchup ในการออกแบบและจำลองเพื่อที่จะสามารถนำไปเป็นพื้นที่ ที่ใช้ในการจำลองทางเดินที่มีแสงสว่างด้วยโปรแกรม DIALux ต่อไป อีกทั้งได้มีการออกแบบและจำลองสวนสาธารณะเพื่อให้ผลของการจำลองสอดคล้องกับสถานที่จริงได้ใกล้เคียงมากที่สุด โดยทางเดินสำหรับกรณีศึกษากำหนดให้มีความกว้าง 3.75 เมตร และ เสาห่างกัน 7 เมตร ดังรูปที่ 3.10(ก) และรูปที่ 3.10(ข) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.10(ก) แบบจำลองสถานที่สวนสาธารณะ ที่มีความกว้างของทางเดิน 3.75 เมตร



รูปที่ 3.10(ข) แบบจำลองสถานที่สวนสาธารณะ ที่มีระยะห่างระหว่างเสา 7 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.2 การจำลองด้วยโปรแกรม DIALux

ในการจำลองได้มีการใช้โปรแกรม DIALux ในการจำลองค่าความเข้มแสงเพื่อที่จะใช้ในการออกแบบระยะห่างระหว่างเสา เพื่อดูผลการจำลองเกี่ยวกับค่าความเข้มแสงทั้งการค่าความเข้มแสงในแต่ละพื้นที่, ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย และ ค่าของแสงจ้าที่เกิดขึ้น เพื่อทำให้ค่าความเข้มแสงที่ได้บนทางเดินสม่ำเสมอทั้งทางเดินและเพียงพอต่อมาตรฐาน โดยในการจำลองนี้ ได้ทำการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 55 วัตต์ และ พื้นที่ที่ทำการทดลองมีขนาดความกว้างของทางเดิน 3.75 เมตร โดยในการจำลองได้แบ่งเป็น 3 กรณีคือ กรณีที่หนึ่งจะเป็นการจำลองเสาไฟสาธารณะที่มีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 5 เมตร กรณีที่สองจะเป็นการจำลองเสาไฟสาธารณะที่มีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 7 เมตร และกรณีที่สามจะเป็นการจำลองเสาไฟสาธารณะที่มีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 10 เมตร โดยทั้ง 3 กรณีจะเป็นการจัดวางโคมแบบแถวเรียงเดี่ยว ซึ่งผลการจำลองค่าความเข้มแสงที่แสดงบนทางเดินที่ได้เป็นไปตามดังตารางที่ 3.1

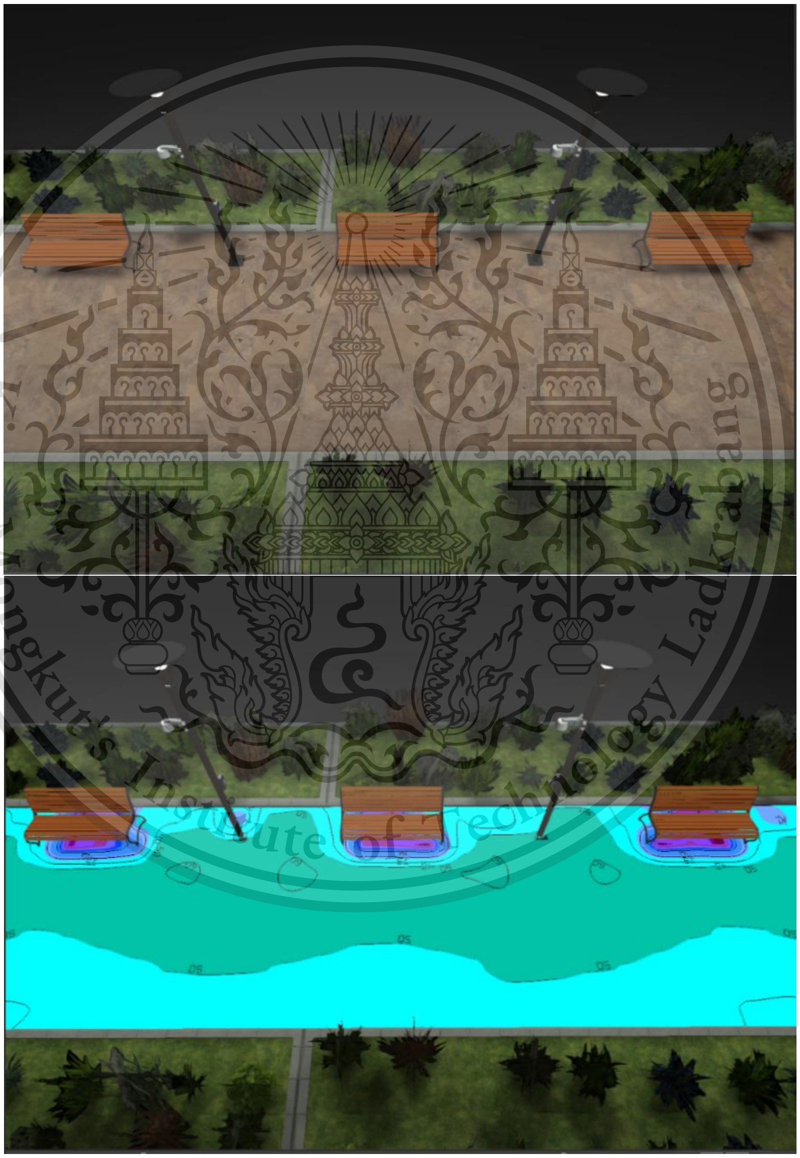
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการจำลองความเข้มแสงด้วยโปรแกรม DIALux

รายละเอียด	ระยะห่างระหว่างเสา		
	5 เมตร	7 เมตร	10 เมตร
ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (lux)	43.5	29.7	23.9
ค่าความเข้มแสงต่ำสุด (lux)	39	25	10
ค่าความเข้มแสงสูงสุด (lux)	61	50	50
ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณใต้โคม (lux)	58	50	50
ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณระหว่างเสา (lux)	55	32	15
ค่าความสม่ำเสมอของแสง	0.73	0.6	0.44
ค่าแสงบาดตา	<10	<10	<10

จากผลการจำลองทั้งสามกรณีพบว่าระยะห่างระหว่างเสาที่ทำให้ค่าที่ได้นั้นมีความเข้มแสงที่เพียงพอตามมาตรฐาน พร้อมทั้งแสงที่แสดงบนพื้นถนนมีความสมดุลกันตลอดทั้งความยาวถนน ไม่เกิดพื้นที่สว่างและมืดสลับ ซึ่งทำให้เหมาะสมสำหรับการติดตั้ง ดังนั้นจึงทำให้ในการออกแบบระยะห่างระหว่างเสาทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 7 เมตร โดยที่รายละเอียดของผลการจำลองที่ได้จะแสดงดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

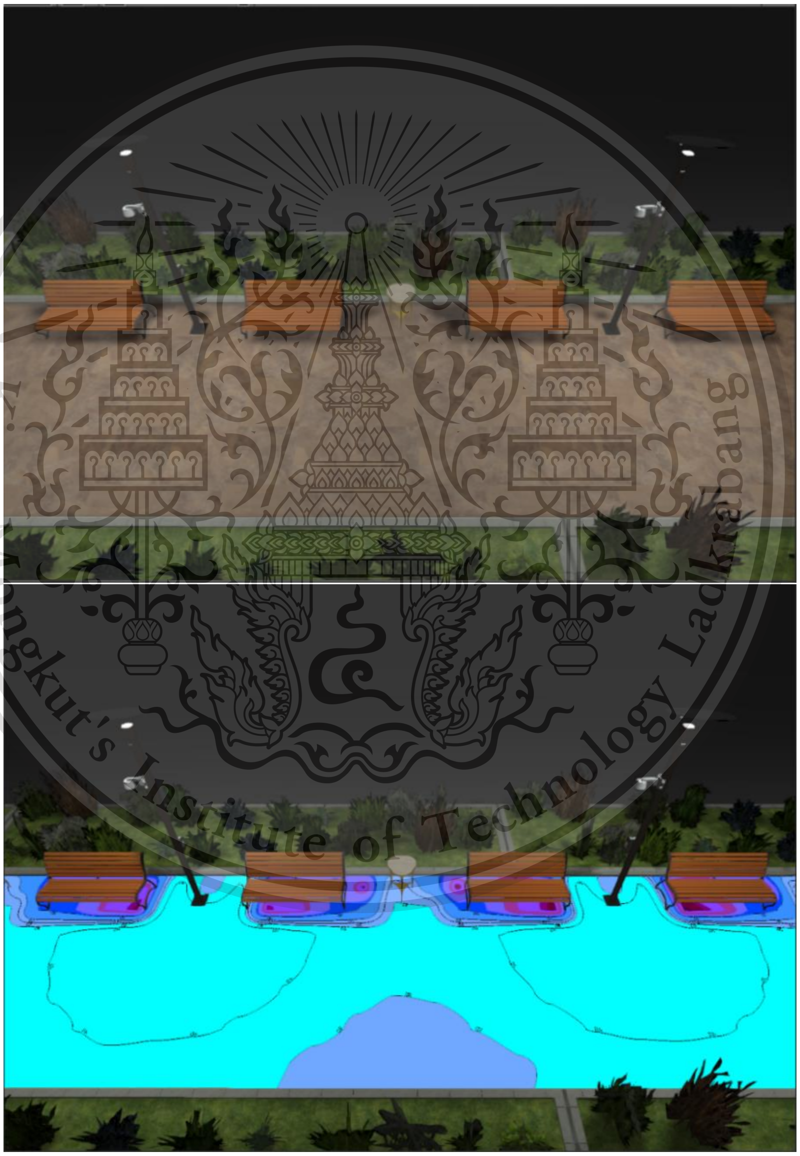
กรณีที่หนึ่งจะเป็นการจำลองเสาไฟสาธารณะที่มีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 5 เมตร ดังรูปที่ 3.11(ก) พบว่าค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 43.5 ลักซ์, ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณใต้โคมเท่ากับ 58 ลักซ์ และค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณระหว่างเสาเท่ากับ 55 ลักซ์ ซึ่งค่าความเข้มแสงที่ได้มีค่าสูงเกินความจำเป็น และเป็นค่าที่เกินกว่ามาตรฐานไปพอสมควร อีกทั้งค่าความสม่ำเสมอของแสงเท่ากับ 0.73 ซึ่งเป็นค่าที่สูงเกินความจำเป็น จึงจะทำให้ต้องใช้ปริมาณเสาที่มากขึ้นเกินความจำเป็นในระยะทางของถนนที่เท่าเดิม



รูปที่ 3.11(ก) สภาพแสงจำลองในบริเวณโดยรอบเสา และผลการจำลองค่าความเข้มแสงที่แสดงบนทางเดินสวนสาธารณะ กรณีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

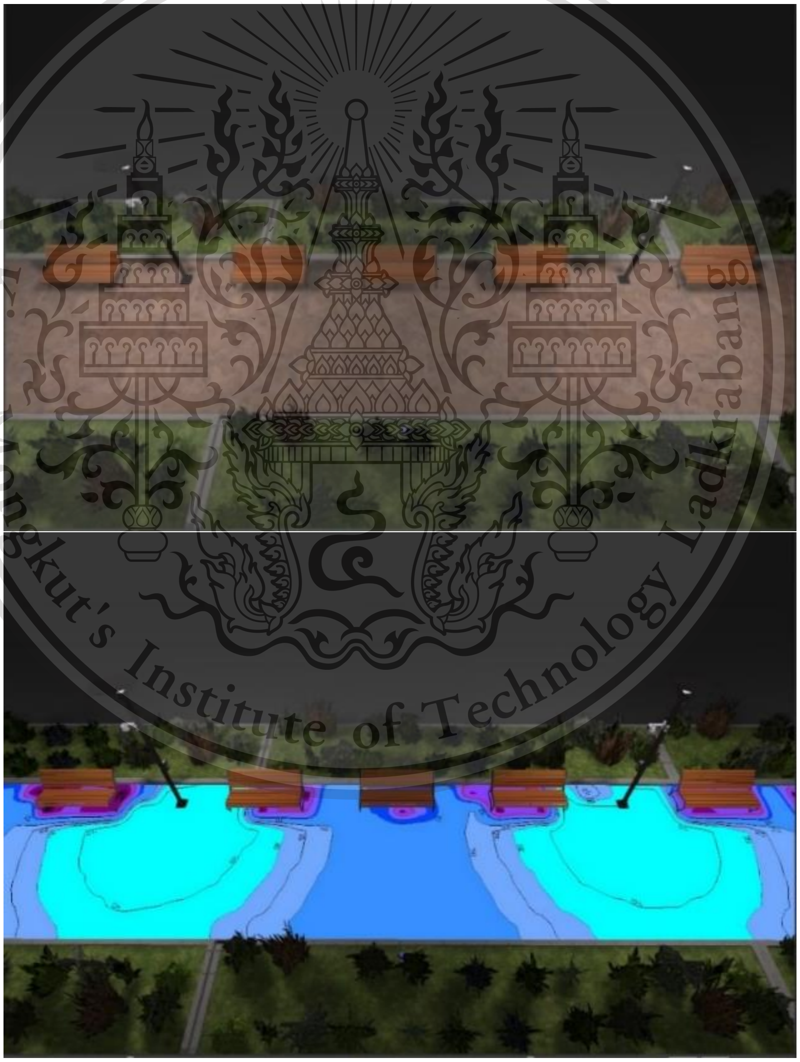
กรณีที่สองจะเป็นการจำลองเสาไฟสาธารณะที่มีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 7 เมตร ดังรูปที่ 3.11(ข) พบว่าค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 29.7 ลักซ์, ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณใต้โคมเท่ากับ 50 ลักซ์ และค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณระหว่างเสาเท่ากับ 32 ลักซ์ ซึ่งค่าที่ได้นั้นมีความเข้มแสงที่เพียงพอตามมาตรฐาน อีกทั้งจะสังเกตจากรูป ได้ว่าแสงที่แสดงบนพื้นถนนนั้นเป็นแสงที่สมดุลกันตลอดทั้งความยาวถนนเนื่องจากค่าความสม่ำเสมอของแสงเท่ากับ 0.6 ซึ่งเป็นค่าที่เพียงพอต่อการใช้งานจริง จึงทำให้ในการออกแบบระยะห่างระหว่างเสาในกรณีนี้เป็นกรณีที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 3.11(ข) สภาพแสงจำลองในบริเวณโดยรอบเสา และผลการจำลองค่าความเข้มแสงที่แสดงบนทางเดินสวนสาธารณะ กรณีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 7 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กรณีที่สามจะเป็นการจำลองเสาไฟสาธารณะที่มีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 10 เมตร ดังรูปที่ 3.11(ค) พบว่าค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 23.9 ลักซ์, ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณใต้โคมเท่ากับ 50 ลักซ์ และค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณระหว่างเสาเท่ากับ 15 ลักซ์ ซึ่งค่าที่ได้นั้นมีความเข้มแสงที่เพียงพอตามมาตรฐาน อีกทั้งจะสังเกตจากรูป ได้ว่าแสงที่แสดงบนพื้นถนนนั้นเป็นแสงที่ไม่สมดุลกันตลอดทั้งความยาวถนน ซึ่งไม่เพียงพอตามมาตรฐาน อีกทั้งจากรูปจะสังเกตได้ว่าความสว่างที่บริเวณพื้นที่ใต้โคมและพื้นที่บริเวณระหว่างเสานั้นค่อนข้างแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งทำให้แสงที่แสดงบนพื้นถนนนั้นเกิดเป็นพื้นที่บริเวณที่สว่างและมืดสลับกัน เนื่องจากค่าความสม่ำเสมอของแสงเท่ากับ 0.44 ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เพียงพอต่อการใช้งานจริง จึงทำให้ไม่เหมาะสมต่อการติดตั้งเสาที่ระยะห่างระหว่างเสา 10 เมตร

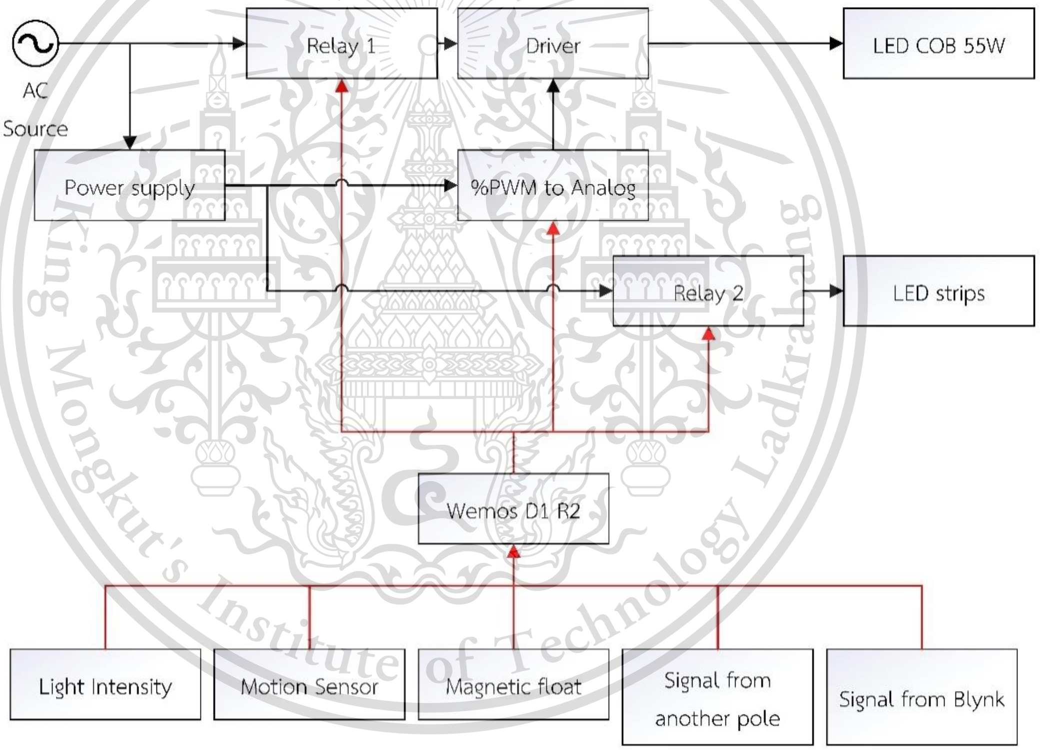


รูปที่ 3.11(ค) สภาพแสงจำลองในบริเวณโดยรอบเสา และผลการจำลองค่าความเข้มแสงที่แสดงบนทางเดินสวนสาธารณะ กรณีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 10 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

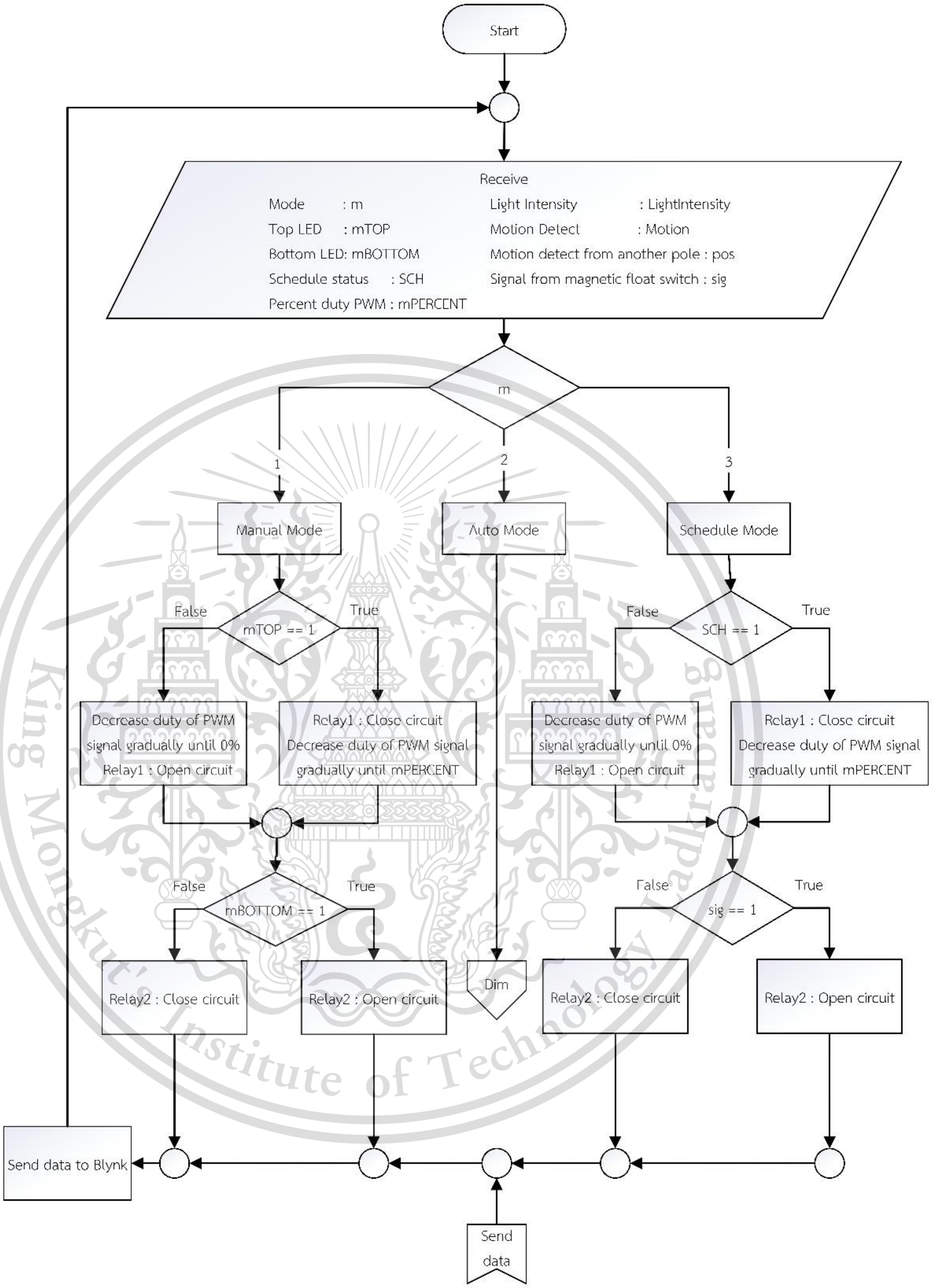
3.4 การออกแบบวงจรแสงสว่างสำหรับไฟที่ดวงโคมและฐานเสา

การออกแบบวงจรสำหรับการควบคุมการทำงานของแสงสว่างสำหรับไฟที่ดวงโคมและฐานเสานั้นจะประกอบไปด้วยบอร์ดสำหรับประมวลผลรุ่นวีมอสดีหนึ่งอาร์สอง (Wemos D1 R2), เซนเซอร์วัดความเข้มแสง, เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว, รีเลย์ประเภทแอคทีฟโลว์ (Active low) 2 ตัว, โมดูลแปลงสัญญาณเปอร์เซ็นพีดับบลิวเอ็ม (%PWM to analog), ไดร์เวอร์ชนิด 1-10 โวลต์, หลอดแอลอีดี (LED) ขนาด 55 วัตต์, สวิตช์ระดับน้ำ, หลอดแอลอีดีแบบเส้น (LED strips) 12 โวลต์, แหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ สำหรับโมดูล โมดูลแปลงสัญญาณเปอร์เซ็นพีดับบลิวเอ็ม (%PWM to analog) และ หลอดแอลอีดีแบบเส้น (LED strips) 12 โวลต์ และ แหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์ สำหรับไดร์เวอร์และหลอดแอลอีดี (LED) โดยที่ไดแกรมการทำงานวงจรที่ได้ออกแบบจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.12(ก)



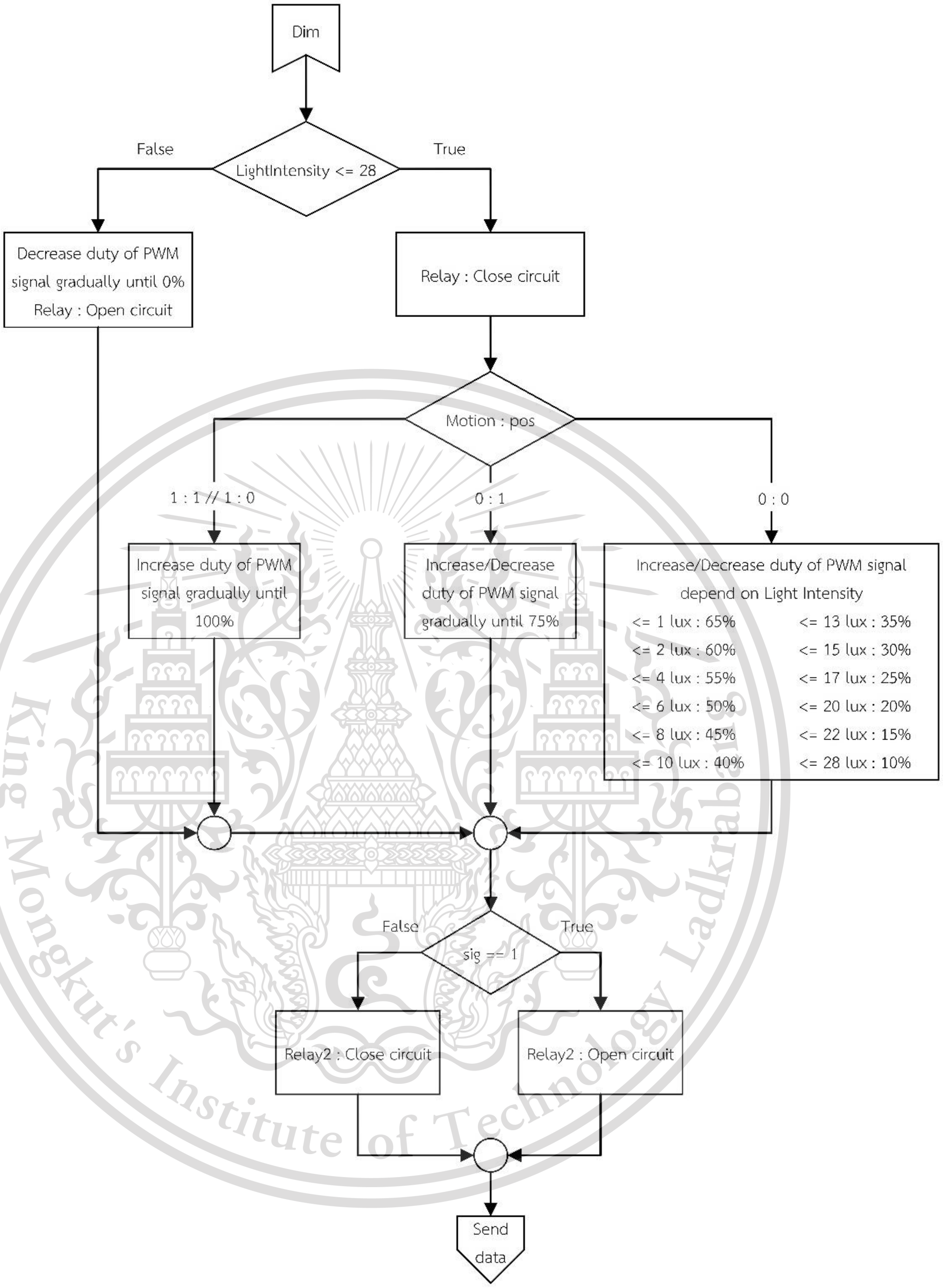
รูปที่ 3.12(ก) ไดอะแกรมการทำงานของวงจรแสงสว่างสำหรับไฟที่ดวงโคมและฐานเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.12(ข) แผนผังการทำงานของวงจรแสงสว่างสำหรับไฟที่ดวงโคมและฐานเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.12(ค) แผนผังการทำงานของวงจรแสงสว่างสำหรับไฟที่ดวงโคมและฐานเสา(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การควบคุมการทำงานของเสาไฟส่องสว่างนั้นมีการรับข้อมูลจากเซนเซอร์, สัญญาณจากเสาต้นอื่น และ สัญญาณจากแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ เพื่อนำข้อมูลมาประมวลผลผ่านบอร์ควบคุมวีมอส แล้วส่งสัญญาณออกไปควบคุมการทำงานอุปกรณ์ทั้งการควบคุมการทำงานของรีเลย์ ที่จะคอยควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของหลอดไฟที่ดวงโคมและหลอดไฟที่บริเวณฐานเสา รวมทั้งยังมีการควบคุมระดับความสว่างของหลอดไฟที่ดวงโคมโดยการใช้โมดูลเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์เป็นระดับแรงดันระหว่าง 1 – 10 โวลต์ โดยที่จะอ้างอิงสัญญาณจากบอร์ดควบคุมแล้วส่งแรงดันที่เปลี่ยนแปลงแล้วไปยังไดร์เวอร์ของหลอดไฟ ดังรูปที่ 3.12(ก)

โดยการทำงานของบอร์ดควบคุมวีมอสจะแสดง ดังรูปที่ 3.12(ข) ซึ่งจะเริ่มต้นที่การรับข้อมูลจากเซนเซอร์ ได้แก่ ค่าความเข้มแสง, การตรวจจับความเคลื่อนไหว และ การตรวจจับน้ำท่วม รวมทั้งข้อมูลจากแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ที่เชื่อมต่อกันผ่านทางอินเตอร์เน็ต ได้แก่ โหมดการทำงาน, คำสั่งเปิด-ปิดหลอดไฟที่โคมเสา, คำสั่งเปิด-ปิดไฟที่ฐานเสา, ช่วงระยะเวลาการทำงาน, เปอร์เซ็นความสว่างของหลอดไฟ และ การตรวจจับความเคลื่อนไหวของเสาอื่น จากนั้นบอร์ดควบคุมวีมอสจะทำการเลือกโหมดการทำงาน โดยแบ่งโหมดการทำงานเป็น 3 โหมด ดังนี้

1. โหมดแมนนวล (Manual) เป็นโหมดที่ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของหลอดที่ดวงโคมและบริเวณฐานเสาได้ รวมทั้งยังสามารถควบคุมระดับความสว่างของหลอดไฟที่ดวงโคมได้อีกด้วย โดยเมื่อบอร์ดควบคุมได้รับค่าจากแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์แล้วเลือกโหมดการทำงานแล้วจะมีการตรวจสอบว่าคำสั่งเปิด-ปิดหลอดไฟที่โคมเสาที่ส่งมานั้นมีค่าเปิดหรือปิด ถ้ามีค่าเป็นเปิด บอร์ดควบคุมจะทำการส่งสัญญาณสั่งให้รีเลย์ทำการปิดวงจรเพื่อจ่ายไฟให้กับหลอดไฟที่โคมไฟผ่านทางไดร์เวอร์ และส่งสัญญาณเปอร์เซ็นความสว่างของหลอดไฟไปยังโมดูลที่จะปรับระดับแรงดันเพื่อจ่ายให้กับไดร์เวอร์เพื่อควบคุมระดับความสว่างให้เป็นไปตามที่เลือกไว้ จากนั้นจะทำการตรวจสอบว่าคำสั่งเปิด-ปิดหลอดไฟที่ฐานเสาต่อว่าค่าที่ส่งมานั้นมีค่าเปิดหรือปิด ถ้ามีค่าเป็นเปิดบอร์ดควบคุมจะทำการส่งสัญญาณสั่งให้รีเลย์ทำการปิดวงจรเพื่อจ่ายไฟให้กับหลอดไฟที่ฐานเสา และ บอร์ดควบคุมจะส่งค่าสถานะการเปิดปิดของหลอดไฟทั้งสอง รวมทั้งระดับของความสว่างไปยังแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์เพื่อแสดงผลการทำงาน

2. โหมดอัตโนมัติ (Auto) เป็นโหมดที่สามารถควบคุมการทำงานของเสาไฟได้โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.12(ค) โดยที่บอร์ดควบคุมจะตรวจสอบค่าความเข้มแสงที่วัดได้ว่ามีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าบอร์ดควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังรีเลย์ให้ทำการปิดวงจรเพื่อจ่ายไฟให้กับหลอดไฟที่โคมไฟผ่านทางไดร์เวอร์ จากนั้นจะตรวจสอบว่ามีการเคลื่อนภายในบริเวณเสาของตนเองและเสาต้นอื่นหรือไม่ เพื่อควบคุมระดับความสว่างโดยแบ่งได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1. กรณีที่มีการเคลื่อนไหวบริเวณเสาที่ติดตั้ง จะมีการค่อยๆ เพิ่มค่าเปอร์เซ็นความสว่างของหลอดไฟจากค่าปัจจุบันไปจนถึง 100%

2.2. กรณีที่มีการเคลื่อนไหวเฉพาะบริเวณเสาใกล้เคียง จะมีการค่อยๆ เพิ่มหรือลดค่าเปอร์เซ็นความสว่างของหลอดไฟจากค่าปัจจุบันไปจนถึง 75%

2.3. กรณีที่ไม่มีการเคลื่อนไหวทั้งบริเวณเสาที่ติดตั้งและเสาใกล้เคียง จะมีการค่อยๆ เพิ่มหรือลดค่าเปอร์เซ็นความสว่างของหลอดไฟ จากค่าปัจจุบันให้สอดคล้องกับระดับค่าความเข้มแสงที่วัดได้

จากนั้นจะทำการตรวจสอบว่าสัญญาณตรวจจับน้ำท่วมโดยในขณะที่ไม่มีน้ำท่วมค่าที่วัดได้จะเป็น 1 และ เมื่อมีน้ำท่วมถึงระดับที่ตั้งไว้ค่าที่วัดได้จะเป็น 0 แล้วบอร์ดควบคุมจะทำการส่งสัญญาณสั่งให้รีเลย์ทำการปิดวงจรเพื่อจ่ายไฟให้กับหลอดไฟที่ฐานเสา และ บอร์ดควบคุมจะส่งค่าสถานะการเปิดปิดของหลอดไฟทั้งสอง รวมทั้งระดับของความสว่างไปยังแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์เพื่อแสดงผลการทำงาน

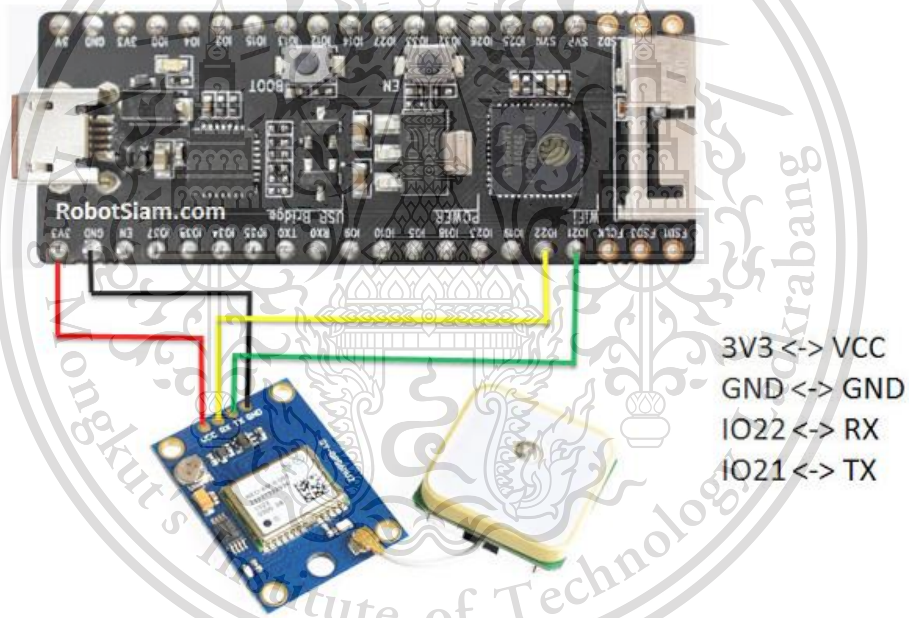
3. โหมดตั้งเวลาเปิด/ปิด (Schedule) เป็นโหมดที่สามารถคุมการเปิด-ปิดการทำงานของหลอดที่โคมไฟเป็นช่วงเวลาโดยสามารถตั้งเวลาล่วงหน้าได้ รวมทั้งยังมีการตรวจจับน้ำท่วมเพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของหลอดไฟที่ฐานเสาได้โดยอัตโนมัติเช่นเดียวกันโหมดออโต้อีกด้วย โดยที่แอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์จะทำการส่งสัญญาณการเปิด-ปิดของหลอดไฟที่โคมเสา โดยในช่วงเวลาที่กำหนดให้เปิดไฟแอพพลิเคชั่นจะส่งค่า 1 ไปยังบอร์ดควบคุม ส่วนนอกเหนือช่วงเวลาที่กำหนดไว้จะส่ง 0 ไปยังบอร์ดควบคุม จากนั้นบอร์ดควบคุมจะตรวจสอบว่าค่าที่ได้รับมาเท่ากับ 1 หรือไม่ ถ้ามีใช่บอร์ดควบคุมจะทำการส่งสัญญาณสั่งให้รีเลย์ทำการปิดวงจรเพื่อจ่ายไฟให้กับหลอดไฟที่โคมไฟผ่านทางไดร์เวอร์ และ ส่งสัญญาณเปอร์เซ็นความสว่างของหลอดไฟไปยังโมดูลที่จะปรับระดับแรงดันเพื่อจ่ายให้กับไดร์เวอร์เพื่อควบคุมระดับความสว่างให้เป็นไปตามที่เลือกไว้ และ บอร์ดควบคุมจะส่งค่าสถานะการเปิดปิดของหลอดไฟทั้งสอง รวมทั้งระดับของความสว่างไปยังแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์เพื่อแสดงผลการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 เซนเซอร์อื่นๆ

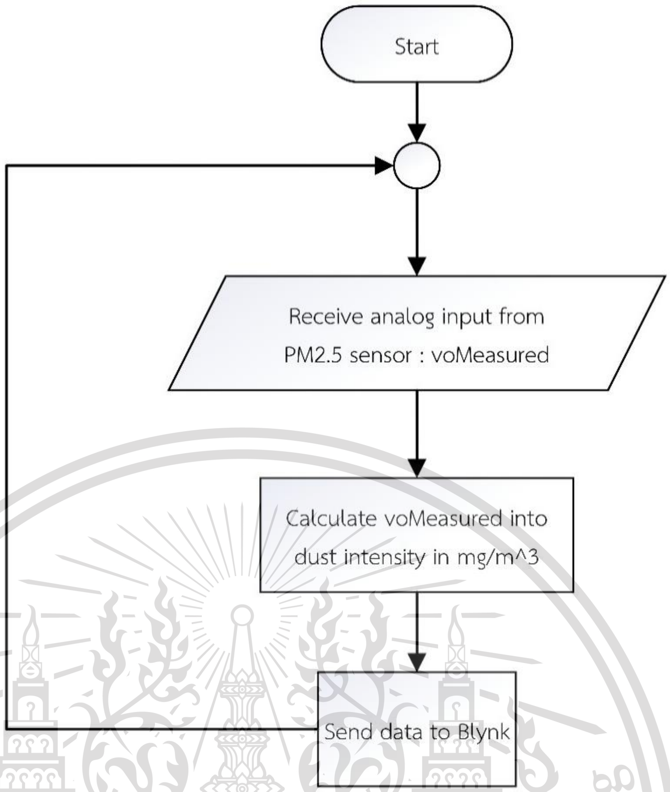
3.5.1 โมดูลจีพีเอส (GPS Module)

การเลือกใช้อุปกรณ์จีพีเอส (GPS) ก็เพื่อเป็นตัวระบุว่าเสาที่ได้ติดตั้งอยู่ตำแหน่งไหน โดยโมดูลจีพีเอส (GPS Module) จะมีอุปกรณ์รับสัญญาณเพื่อรับสัญญาณดาวเทียม คำนวณการรับส่งข้อมูลระยะทาง เวลาที่ส่งไป แล้วถอดรหัสข้อมูลเหล่านี้ออกมาเป็นพิกัดที่ส่งจากดาวเทียม โดยลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์จะแสดงดังรูปที่ 3.14(ก) และ โมดูลจีพีเอส (GPS Module) จะจัดการกับข้อมูลเหล่านี้และรายงานออกมาเป็น ตำแหน่ง พิกัด ความเร็ว ละติจูด ลองจิจูด เราสามารถนำข้อมูลต่างๆเหล่าไปหมุดลงกูเกิ้ลแมพ (google map) แสดงออกมาเป็นสถานที่จริงได้ แล้วนำไปแสดงผ่านแอพพลิเคชั่น (Blynk) ดังรูปที่ 3.14(ข) และเมื่อโมดูลที่เชื่อมต่ออยู่จะอยู่ในสถานะออนไลน์คอยบอกตำแหน่งตลอดเวลา แต่ถ้าตัวไหนออฟไลน์ก็จะรู้ได้ทันทีว่าเสาต้นที่ติดตั้งนั้นมีปัญหาจะได้สามารถเข้าไปซ่อมบำรุงได้



รูปที่ 3.13(ก) การต่อวงจรโมดูลจีพีเอส (GPS Module)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

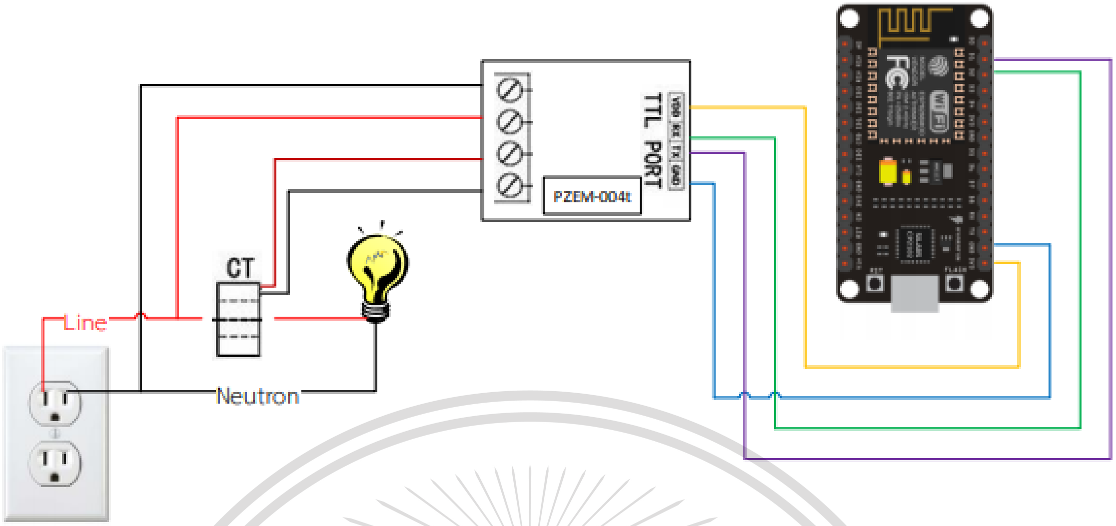


รูปที่ 3.13(ข) แผนผังการทำงานของโมดูลจีพีเอส (GPS Module)

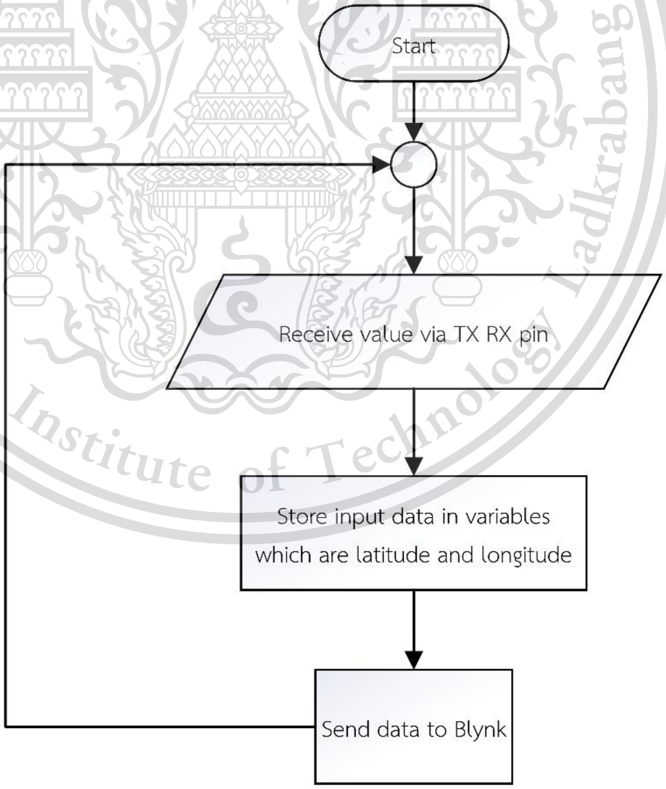
3.5.2 โมดูลมิเตอร์พลังงาน (Energy Meter)

โดยปกติแล้วโมดูลวัดค่าต่างๆจะสามารถวัดเพียงค่าๆเดียวเท่านั้นต่อหนึ่งโมดูล เช่น หากต้องการวัดแรงดันก็ต้องใช้โมดูลวัดแรงดันโดยเฉพาะ แต่เราเลือกใช้โมดูล PZEM-004T AC Digital Power Energy Meter ที่เป็นโมดูลวัดค่าพลังงานไฟฟ้าต่างๆได้หลายค่าทั้งแรงดัน (V) ค่ากระแส (I) ได้ครบภายในตัวเดียว และคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า (P) และวัตต์ชั่วโมง (Wh) ให้อัตโนมัติ โดยรองรับกระแสสูงสุด 0-100A โดยลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์จะแสดงดังรูปที่ 3.15(ก) ซึ่งโมดูลจะทำการวัดกระแสผ่านขดลวดที่ไม่สัมผัสกับสายไฟโดยตรง แล้วสัญญาณออกมาสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย พอร์ตยูอาร์ท (UART) หรือ พอร์ตซีเรียล (Serial) แล้วนำค่าที่ได้แสดงผลผ่านแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ (Blynk) เพื่อที่จะได้ทำการเก็บข้อมูลพลังงานที่ใช้ในการทำงานจริงและจะถูกใช้เป็นหลักฐานว่าระบบที่ออกแบบมานั้นสามารถลดการใช้พลังงานได้จริงเมื่อเทียบกับการติดตั้งเสาที่ไม่มีระบบควบคุมเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.14(ก) การต่อวงจรของโมดูลมิเตอร์พลังงาน (Energy Meter)

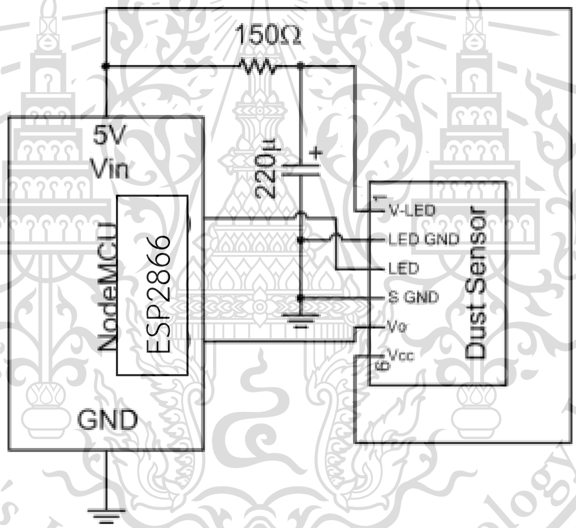


รูปที่ 3.14(ข) แผนผังการทำงานของโมดูลมิเตอร์พลังงาน (Energy Meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

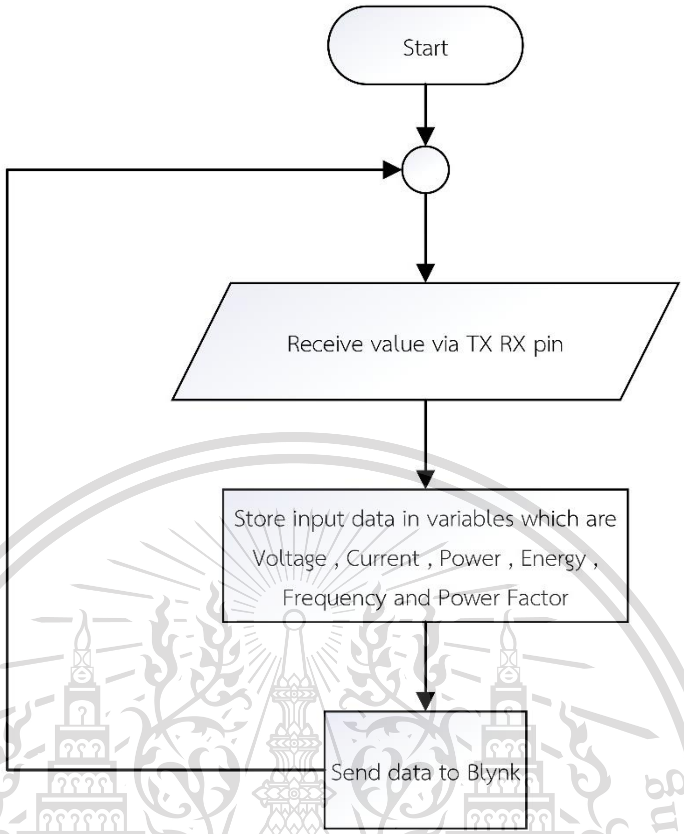
3.5.3 เซนเซอร์ฝุ่น (Dust Sensor)

ทางผู้วิจัยเลือกใช้เซนเซอร์ฝุ่นรุ่น Sharp GP2Y1010AU0F เป็นเซนเซอร์สำหรับใช้ตรวจจับฝุ่นละอองในอากาศ โดยลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์จะแสดงดังรูปที่ 3.16(ก) โดยลักษณะของตัวเครื่องจะเป็นกล่องที่มีรูขนาดเล็กตรงกลางข้างในเครื่องจะมีอุปกรณ์ปล่อยแสงแอลอีดี (LED) และอุปกรณ์ตรวจจับค่าการสะท้อนแสงถูกวางไว้ให้ลำแสงของทั้งสองอุปกรณ์ตัดกันตรงรูพอดี เมื่อมีฝุ่นละอองตกเข้าไปภายในรูก็จะทำให้ค่าการสะท้อนของแสงที่วัดได้เปลี่ยน เนื่องจากฝุ่นไปทำให้แสงหักเห เซนเซอร์ฝุ่นจะแสดงค่าที่ได้ เป็นแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันไปตามความเข้มของแสงที่กระจัดกระจายซึ่งจะสอดคล้องกับระดับของฝุ่นละอองในอากาศ ความหนาแน่นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจริงจะมีหน่วยวัดมาตรฐานเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) แล้วนำค่าที่ได้แสดงผลผ่านแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ (Blynk)



รูปที่ 3.15(ก) การต่อวงจรเซนเซอร์ฝุ่น (Dust Sensor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.15(ข) แผนผังการทำงานของเซนเซอร์ฝุ่น (Dust Sensor)

3.6 กล้องวงจรปิดไอพี (IP Camera)

ทางคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้กล้องวงจรปิดไอพี ชนิดสปีดโดม (Speed Dome Camera) หรือ กล้องแพน-ทิ้ลท์-ซูม (Pan-Tilt-Zoom Camera) โดยมีลักษณะข้อดีกว่ากล้องทั่วไปคือ กล้องสามารถปรับการหมุน ก้มเงย ซูมได้ ซึ่งสามารถซูมภาพด้วยเลนส์ได้ระยะทางที่ไกลมากที่สุดถึง 400-500 เมตร ซึ่งกล้องประเภทนี้สามารถติดตั้งได้ทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคาร ซึ่งการตั้งค่าต่างๆจะสามารถตั้งค่าได้ที่ซอฟต์แวร์ที่มาพร้อมกับตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.16 กล้องวงจรปิดไอพี ชนิดสปีดโดม ยี่ห้อ Vstarcam รุ่น C34S-X4

โดยทางคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้ยี่ห้อ Vstarcam ชนิดสปีดโดม รุ่น C34S-X4 เนื่องจากคุณสมบัติของกล้องรุ่นนี้ที่ทำให้ทางคณะผู้จัดทำเลือกใช้คือ วีดีโอที่บันทึกไว้มีค่าความละเอียดของภาพอยู่ระดับฟูลเอชดี (Full HD) 1080p(1920×1080) หรือขนาด 2 ล้านพิกเซล อีกทั้งกล้องรุ่นนี้ยังมีมุมมองที่กว้างโดยสามารถปรับหมุนกล้องได้ถึง 340 องศา และ ปรับก้มเงยได้ถึง 75 องศา อีกทั้งตัวกล้องยังมีโหมดกลางคืน ทำให้ในเวลาที่มีแสงน้อยก็ยังสามารถมองเห็นวัตถุต่างๆ ได้ปกติ และตัวกล้องยังมีมาตรฐานกันน้ำกันฝุ่น IP66 อีกด้วย ทำให้ตัวกล้องยังสามารถทำงานได้ปกติในวันที่มีฝนตกหนักได้ อีกทั้งกล้องรุ่นนี้ยังสามารถใช้งานแบบ Stand alone ได้ จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องบันทึกหรือ NVR (Network Video Record) โดยพื้นที่จัดเก็บของกล้องรุ่นนี้สามารถเลือกที่จะจัดเก็บข้อมูลโดยผ่านคลาวด์ (Cloud Service) ของบริษัทผู้ให้บริการได้ หรือจะเป็นเครื่องบันทึกก็ได้ แต่ทางคณะผู้จัดทำเลือก พื้นที่จัดเก็บข้อมูลของกล้องเป็นการ์ดทีเอฟ (TF Card) หรือ การ์ดเอสดี (SD Card) โดยการใช้งานกล้องเพียงจ่ายไฟให้กับตัวกล้อง ก็สามารถทำงานได้ โดยหาก ไวร์เลสเร้าเตอร์ (Wireless Router) อยู่ใกล้กับตำแหน่งที่ติดตั้งกล้องก็สามารถเชื่อมต่อช่องไวเลสแลน (WLAN) ได้เพื่อความเสถียรของสัญญาณ แต่ถ้าหาก ไวร์เลสเร้าเตอร์ (Wireless Router) อยู่ห่างจากตำแหน่งที่ติดตั้งกล้องก็สามารถเชื่อมต่อกล้องเข้ากับสัญญาณเครือข่ายได้โดยผ่านสัญญาณ ไวไฟ (Wi-Fi) ได้ และข้อสำคัญในการเลือกใช้กล้องนี้ก็คือกล้องรุ่นนี้รองรับโปรโตคอลอาร์ทีเอสพี (Real Time Streaming Protocol) โดยโปรโตคอลอาร์ทีเอสพีเป็นมาตรฐานโปรโตคอลที่สำคัญในการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียผ่านอินเตอร์เน็ต โดยในการให้วีดีโอจากกล้องวงจรปิดไอพีแสดงอยู่บน แอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ (Blynk) นั้น ตัวกล้องจำเป็นที่จะต้องรองรับโปรโตคอลอาร์ทีเอสพีเพื่อนำไปใช้ในการเขียนเอชทีเอ็มแอล (HTML) เพื่อนำภาพไปแสดงผลบนแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ (Blynk) ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การติดตั้งเสาไฟบนสถานที่จริง

ผลการทดลองส่วนนี้จะเป็นภาพที่ได้จากการติดตั้งอุปกรณ์จริงทั้งหมดตามที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 ที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรม Sketchup ทั้งตำแหน่งการติดตั้งของเสาและตำแหน่งการติดตั้งของเซนเซอร์ต่างๆที่มีการใช้งานรวมถึงกล้องวงจรปิดเช่นกัน

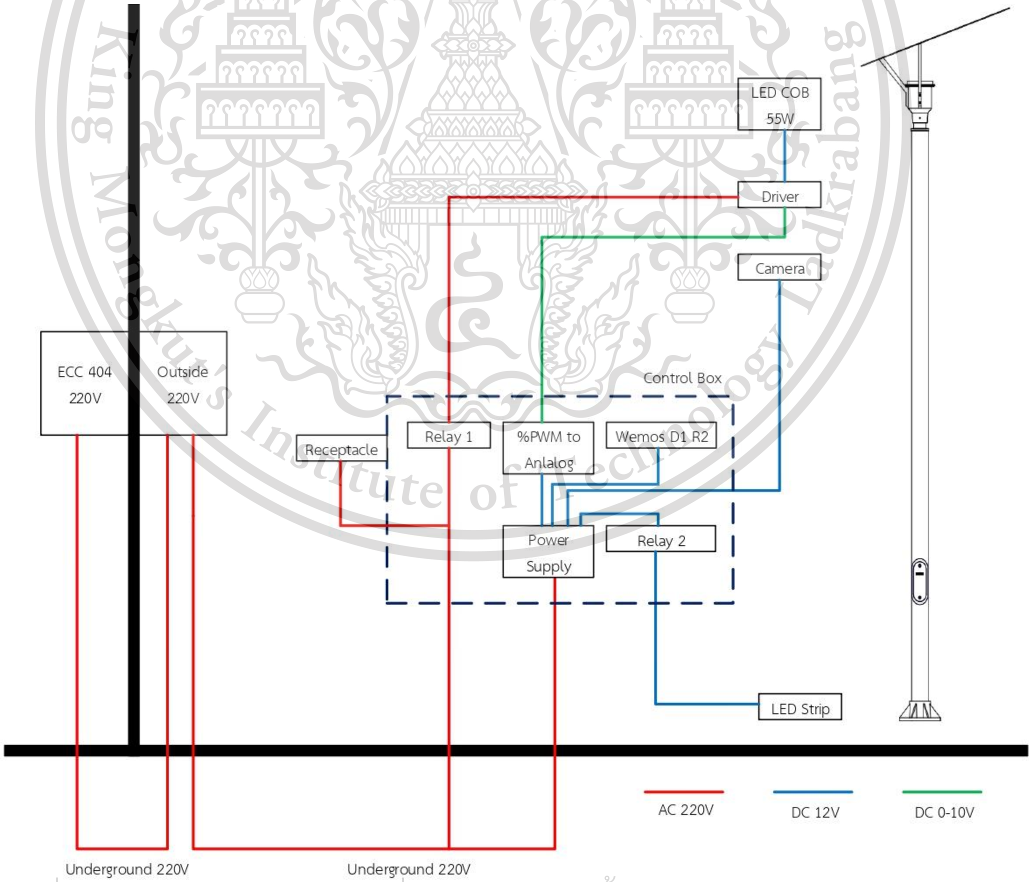
4.1.1 เสาไฟ

การติดตั้งเสาไฟตามที่ได้ออกแบบไว้นั้น เสาทั้ง 2 ต้นจะมีระยะห่างกันประมาณ 7 เมตร เพื่อรักษาระดับความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งานให้มีความเหมาะสมที่สุดดังรูปที่ 4.1(ก) และในเสาต้นหลักหรือเสาทางซ้ายมือของรูปที่ 4.1(ก) ก็จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งก็จะมีเซนเซอร์วัดความเข้มแสงและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่อยู่บริเวณด้านบนของเสา ถัดลงมาก็จะเป็นตำแหน่งการติดตั้งกล้องวงจรปิดซึ่งสูงขึ้นมาจากฐานเสาประมาณ 2.5 เมตร ในส่วนบริเวณกลางเสาจะเป็นตำแหน่งการติดตั้งของกล่องควบคุมซึ่งจะสูงขึ้นมาจากพื้นประมาณ 1 เมตร และบริเวณฐานเสาก็จะเป็นตำแหน่งการติดตั้งของไฟแอลอีดีและสวิตช์ลูกลอยดังรูปที่ 4.2(ข)

รูปที่ 4.1(ก) ภาพรวมการติดตั้งของเสาทั้ง 2 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.1(ข) ภาพรวมการติดตั้งของเสาต้นหลัก



รูปที่ 4.2 Wiring Diagram ของการติดตั้งเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

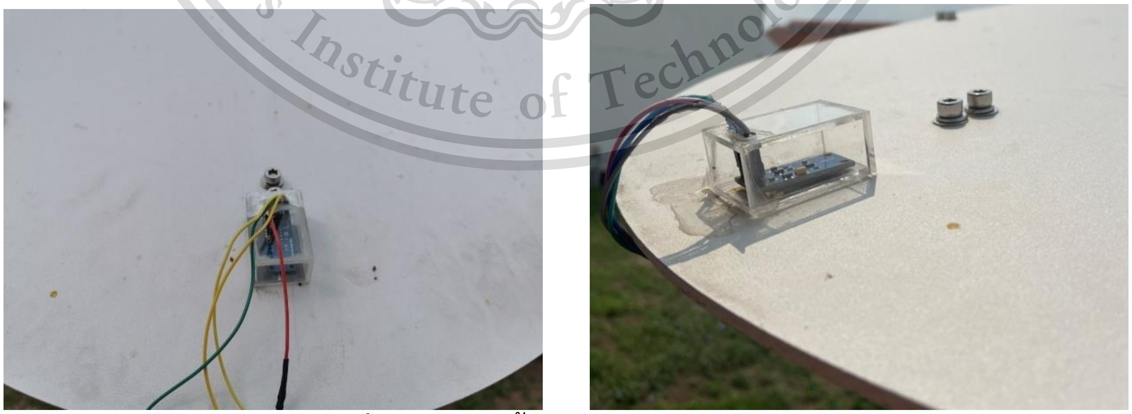
4.1.2 การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

ตำแหน่งของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื้อนไหวนั้นจะอยู่บริเวณด้านหน้าของเสา โดยจะมีมุมเอียงเล็กน้อยเพื่อให้สามารตรวจจับการเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำที่สุด นอกจากนี้เนื่องจากเซนเซอร์ไม่สามารทนต่อสภาพอากาศได้ จึงต้องมีการติดตั้งเคสอะคริลิกเพื่อป้องกันเซนเซอร์จากสภาพแวดล้อมภายนอกให้ได้มากที่สุด ดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 การติดตั้งของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

4.1.3 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มแสง

ตำแหน่งของเซนเซอร์วัดความเข้มแสงนั้นจะอยู่ด้านบนของโคมไฟเพื่อที่จะวัดความเข้มแสงภายนอกเท่านั้น โดยเซนเซอร์วัดความเข้มแสงนี้ก็จำเป็นจะต้องมีกล่องอะคริลิกครอบอยู่เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาจทำให้เซนเซอร์เสียหายหรือค่าที่ได้จากการวัดจะมีความผิดเพี้ยน ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.4 การติดตั้งกล้องวงจรปิด

ตำแหน่งการติดตั้งของกล้องวงจรปิดจะอยู่สูงจากฐานเสาประมาณ 2.5 เมตร โดยใช้เหล็กตัวยูยึดกับแผ่นเหล็กเป็นตัวยึดกล้องดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 การติดตั้งกล้องวงจรปิด

4.1.5 การติดตั้งเซนเซอร์วัดค่าฝุ่นควัน PM2.5

ตำแหน่งการติดตั้งของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่นนั้นจะอยู่บริเวณขายึดกล้องวงจรปิดเนื่องจากสะดวกต่อการติดตั้งและบริเวณด้านบนนั้นมีลมที่แรงกว่า จึงทำให้วัดค่าได้แม่นยำมากกว่า ดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 การติดตั้งเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.6 การติดตั้งกล่องควบคุม

การติดตั้งกล่องควบคุมนั้นจะติดตั้งมาทางด้านหลังของเสาสูงขึ้นมาจากพื้นที่ประมาณ 1 เมตร โดยตัวกล่องจะยึดกับเหล็กตัวยูเช่นเดียวกันกับกล้องวงจรปิด ดังรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 การติดตั้งกล่องควบคุม

4.1.7 การติดตั้งเต้ารับบนกล่องควบคุม

การติดตั้งเต้ารับนั้นจะอยู่บริเวณด้านข้างของกล่องควบคุมซึ่งเต้ารับนี้จะเป็นประเภทกันน้ำโดยมีฝาพลาสติกที่สามารถเปิดปิดได้ เนื่องจากเป็นการใช้งานกลางแจ้ง ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 การติดตั้งเต้ารับบนกล่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.8 การติดตั้งไฟแอลอีดีที่ฐานเสา

การติดตั้งไฟแอลอีดีที่ฐานเสาจะใช้เป็นแอลอีดีเส้นติดตั้งในรางอลูมิเนียมทั้ง 4 ด้านของฐานเสา โดยฐานแต่ละด้านก็จะใช้แอลอีดี 1 เส้น ซึ่งแอลอีดีทุกเส้นจะต่อขนานกันทั้งหมดและสุดท้ายจะป้องกันน้ำท่วมโดยการอุดรูด้วยซิลิโคน ดังรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.9 การติดตั้งไฟแอลอีดีที่ฐานเสา

4.1.9 การติดตั้งสวิตซ์ลูกลอย

การติดตั้งสวิตซ์ลูกลอย จะติดตั้งอยู่บริเวณด้านหลังของฐานเสา โดยจะมีฝาครอบเพื่อทำการยึดลูกลอยนี้ ดังรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 การติดตั้งสวิตซ์ลูกลอย

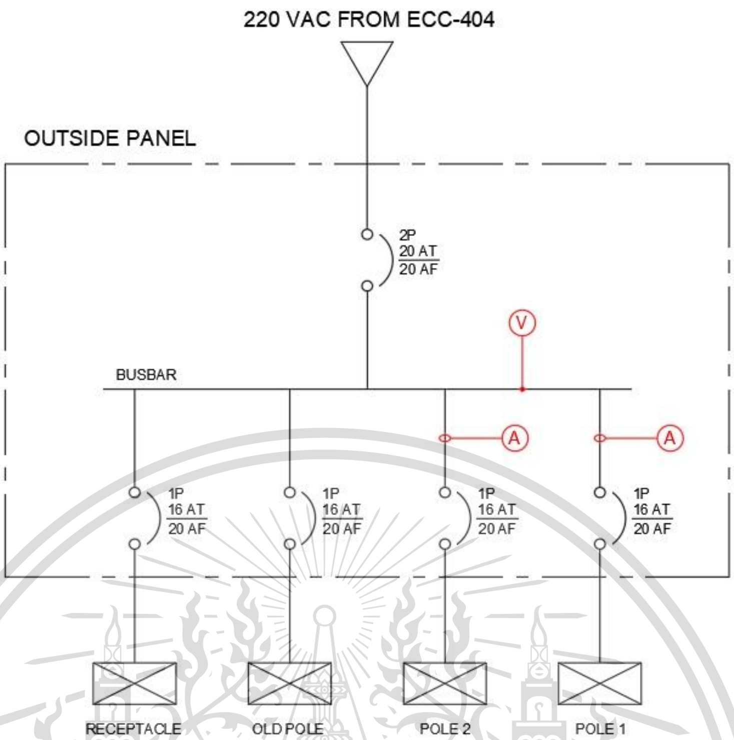
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 การศึกษาการทำงานในรูปแบบต่างๆ

ในการทดลองหัวข้อนี้จะแบ่งเป็น 3 การทดลองซึ่งประกอบไปด้วย การทำงานแบบอัตโนมัติที่จะทำงานควบคู่กับเซนเซอร์วัดความเข้มแสง, การตั้งเวลาเปิด/ปิด ผ่านระบบควบคุมและการเปิด/ปิดแบบปกติที่ไม่ผ่านระบบควบคุม การทดลองทั้ง 3 การทดลองนี้จะทำการทดลองช่วง 18.00 น. ถึง 6.00 น ของแต่ละวัน โดยสิ่งที่ทำการวัดก็จะมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้าและค่าความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งานหรือก็คือบริเวณพื้นที่ใต้ดวงโคม สำหรับการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเสาทั้งสองต้นนั้นเราจะทำการวัดที่ตำแหน่ง ดังรูปที่ 4.12 โดยจะใช้ Fluke เป็นเครื่องเก็บข้อมูลสำหรับการวัดค่าดังรูปที่ 4.13 และในส่วนของการวัดความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งานจะใช้เซนเซอร์วัดความเข้มแสงต่อเข้ากับ Graphtec ซึ่งก็คือเครื่องเก็บข้อมูลจากการวัดดังรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.11 การทำงานของเสาไฟทั้งสองในช่วงกลางคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.12 Single line diagram ของเสาไฟทั้ง 2 ต้น

รูปที่ 4.13 การวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าด้วย Fluke

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.14 การวัดค่าความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งานด้วย Graphtec

4.2.1 การทำงานแบบอัตโนมัติ

การทำงานของเสาไฟในโหมดนี้จะเป็นการปล่อยให้เสาไฟทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ โดยอาศัยการทำงานร่วมกันกับเซนเซอร์วัดความเข้มแสง โดยในการทดลองนี้จะสมมติให้ไม่มีคนเดินผ่านเลยในขณะทดลอง การทดลองนี้มีจุดประสงค์ที่จะทำให้เสาไฟทำงานสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมมากขึ้นควบคู่กับการลดการใช้พลังงานในยามที่ไม่จำเป็นลง กล่าวคือเมื่อแสงสว่างภายนอกลดลงถึงระดับที่ตั้งไว้แสงสว่างจากดวงโคมจะมากขึ้นเพื่อรักษาระดับแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานให้คงที่ โดยในการทดลองนี้จะทำการวัดค่าความเข้มแสบนพื้นที่ใช้งานและค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งหลังจากการเก็บค่าแล้วนั้น ได้นำค่าความเข้มแสงมาศึกษาและพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.15, 4.16 และ 4.17 และในส่วนของพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าเมื่อนำมาศึกษาและพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.18, 4.19, 4.20, 4.21 และ 4.22

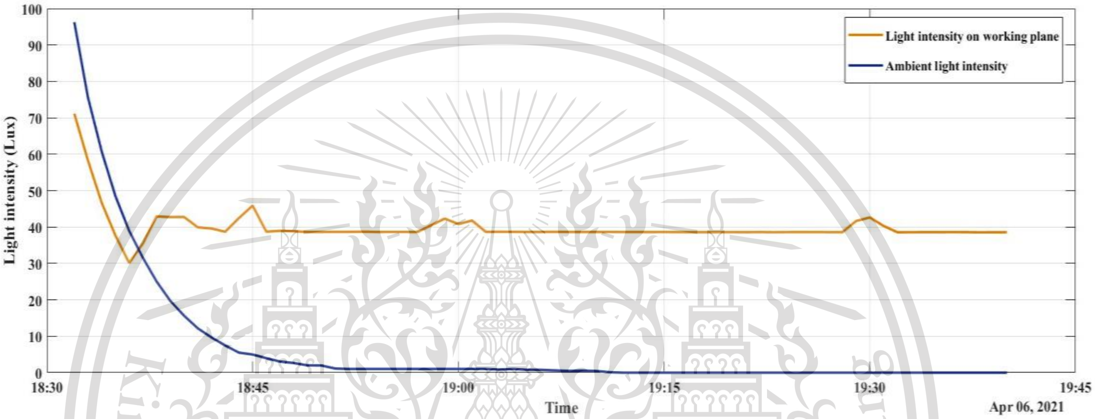
4.2.1.1 ผลการทดลองทางแสงสว่างของการทำงานแบบอัตโนมัติ

จากการทดลองเก็บค่าและศึกษาจะพบว่าแสงสว่างภายนอกบริเวณที่ทำการทดลองนั้นจะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงประมาณ 18.30 น. และในตอนเช้าจะเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วช่วงเกือบๆ 6.00 น. ดังนั้นผลการทดลองที่ได้นำมาแสดงนั้นจะมีทั้งแสงสว่างภายนอกที่ได้วัดได้จากเซนเซอร์วัดความเข้มแสงบนโคมและแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความเข้มแสง เพื่อให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของค่าแสงทั้ง 2 ตำแหน่ง ในช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงแสงสว่างภายนอกมาก

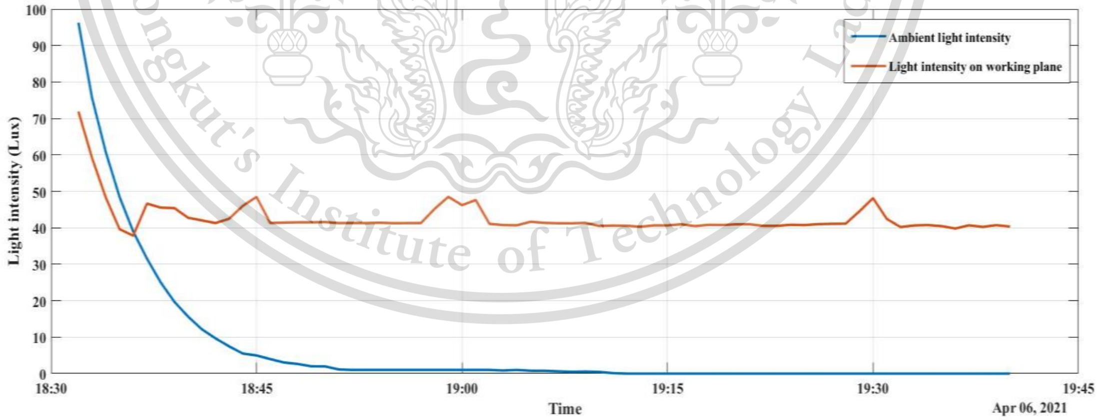
จากรูปที่ 4.15 (ก) และ 4.15 (ข) จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มแสงภายนอกและความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งานของเสาทั้งสองต้น ในช่วงเวลาประมาณ 18.30 น. ถึง 19.40 น. โดยกราฟสีน้ำเงินจะแทนความเข้มแสงภายนอกและกราฟสีส้มจะแทนความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งาน จากกราฟทั้ง 2 จะพบว่าแสงสว่างภายนอกนั้นลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 18.30 น. ถึง 18.40 น. จากระดับ 100 ลักซ์ลงมาเหลือประมาณ 10 ลักซ์ ในขณะเดียวกันเมื่อแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานมีค่าลดลงจนถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 30 ลักซ์ หลอดไฟก็จะเริ่มสว่างขึ้น เพื่อที่จะทำให้ความสว่างบนพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ใช้งานมีความสว่างคงที่ที่ 40 ลักซ์ ซึ่งในช่วงที่แสงสว่างภายนอกลดลงมาจาก 40 จนถึง 30 นั้นจะเป็นช่วงที่หลอดไฟจะยังไม่เริ่มทำงานและจะทำให้ความสว่างนั้นน้อยกว่าที่ต้องการแต่จะพบว่าจะมีช่วงเวลานั้นแค่เพียง 2-3 นาทีเท่านั้น และเมื่อเวลาผ่านไปจนกระทั่งแสงสว่างภายนอกเหลือ 0 อย่างคงที่ แสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานก็จะเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 40 ลักซ์พอดี แต่จากกราฟก็จะพบว่ามีการแกว่งของแสงสว่างเล็กน้อยในช่วง 40-46 ลักซ์ในทั้งสองต้น ทั้งนี้อาจจะเกิดจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวนั้นตรวจจับได้ จึงส่งผลให้แสงสว่างมากขึ้นในบางจังหวะ



รูปที่ 4.15(ก) ค่าแสงภายนอกและแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเย็นเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 1



รูปที่ 4.15(ข) ค่าแสงภายนอกและแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเย็นเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

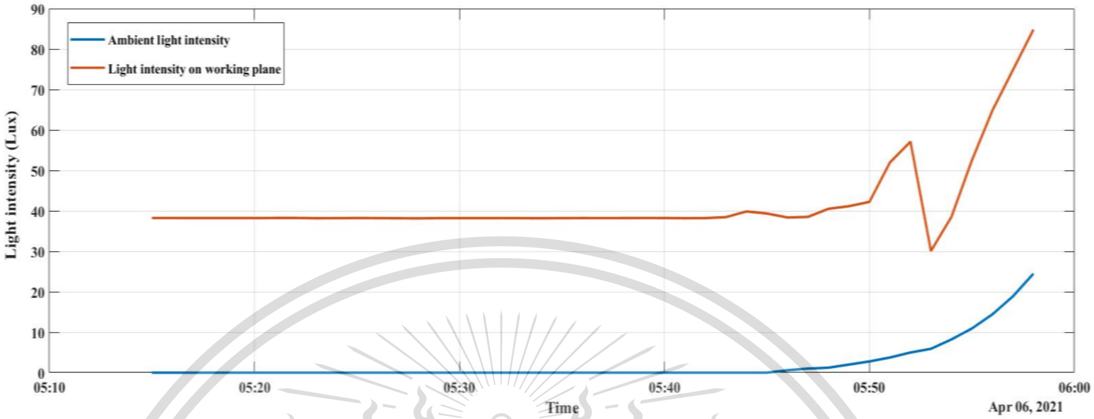
ตารางที่ 4.1 ค่าแสงภายนอกและแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเย็นเทียบของเสาทั้งสองต้น

เวลา	เสาต้นที่ 1		เสาต้นที่ 2	
	แสงสว่างภายนอก (Lux)	แสงสว่างบนพื้นที่ใช้งาน (Lux)	แสงสว่างภายนอก (Lux)	แสงสว่างบนพื้นที่ใช้งาน (Lux)
18:30	96	71	96	72
18:35	48	38	48	40
18:40	16	43	16	43
18:45	5	46	5	48
18:50	2	39	2	42
18:55	1	39	1	41
19:00	1	41	1	46
19:05	1	39	1	42
19:10	0	39	0	41
19:15	0	39	0	41
19:20	0	39	0	41
19:25	0	39	0	41
19:30	0	43	0	48
19:35	0	39	0	40
19:40	0	39	0	40

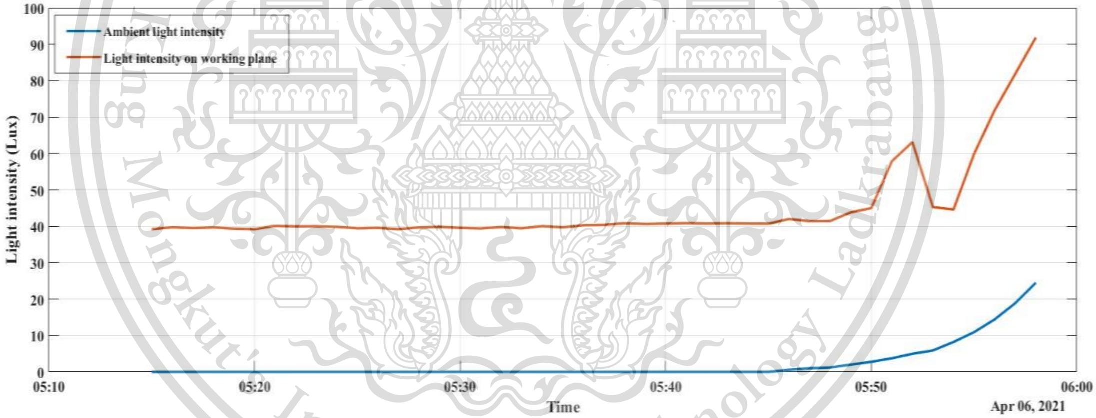
จากรูปที่ 4.16 (ก) และ 4.16 (ข) เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงภายนอกและความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งานของเสาทั้งสองต้น ในช่วงเวลาประมาณ 5.00 น. ถึง 6.00 น. โดยกราฟสีน้ำเงินจะแทนความเข้มแสงภายนอกและกราฟสีส้มจะแทนความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งาน จากกราฟทั้ง 2 จะพบว่าแสงสว่างภายนอกนั้นจะเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงประมาณ 5.50 น. เมื่อสังเกตจากกราฟทั้งแสงภายนอกและแสงบนพื้นที่ใช้งานจะพบว่าทั้งสองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือเมื่อแสงภายนอกเริ่มมีค่ามากขึ้นจาก 0 แสงบนพื้นที่ใช้งานก็มากขึ้นตาม แต่จะสังเกตเห็นว่าแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานพุ่งขึ้นไปถึงประมาณ 60 ลักซ์และค่อยๆลดลงมา ทั้งนี้เกิดขึ้นจากเมื่อแสงสว่างภายนอกเริ่มมีค่ามากขึ้นหลอดไฟก็จะถูกลดความสว่างลงตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ แสงสว่างจึงลดลงมาอยู่ในระดับ 35-40 อีกครั้ง หลังจากนั้นจะพบว่าแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอย่างรวดเร็ว อีกหนึ่งจุดสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คือ แสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานกับแสงสว่างภายนอกที่วัดได้นั้นมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้ก็อาจจะเกิดขึ้นจาก แหน่งการวัดของทั้งสองเซนเซอร์ที่ต่างกัน โดยเซนเซอร์ที่วัดบนพื้นที่ใช้งานจะโดนแสงมากกว่าในช่วงเช้า



รูปที่ 4.16(ก) ค่าแสงภายนอกกับแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเช้าเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 1



รูปที่ 4.16(ข) ค่าแสงภายนอกกับแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเช้าเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 2

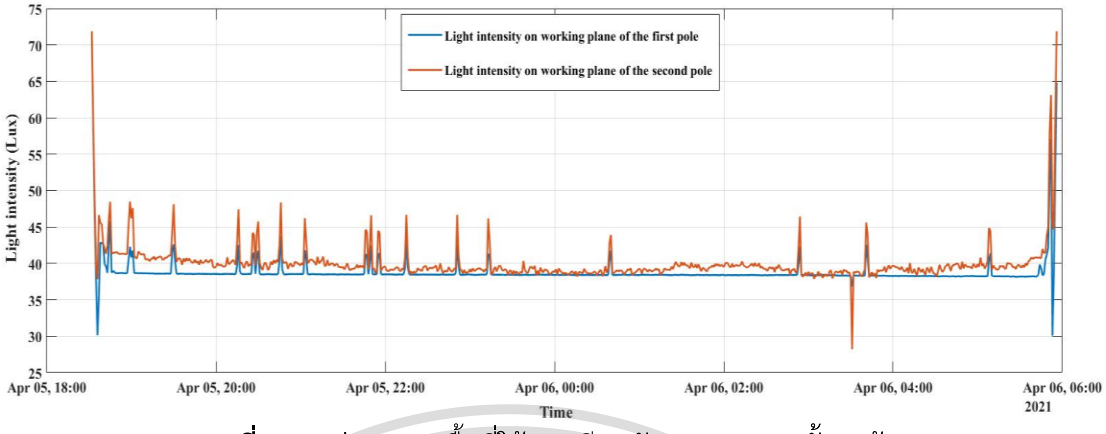
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2 ค่าแสงภายนอกและแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานในช่วงเช้าเทียบของเสาทั้งสองต้น

เวลา	เสาต้นที่ 1		เสาต้นที่ 2	
	แสงสว่างภายนอก (Lux)	แสงสว่างบนพื้นที่ใช้งาน (Lux)	แสงสว่างภายนอก (Lux)	แสงสว่างบนพื้นที่ใช้งาน (Lux)
5:15	0	38	0	39
5:20	0	38	0	39
5:25	0	38	0	39
5:30	0	38	0	40
5:35	0	38	0	40
5:40	0	38	0	41
5:45	0	39	0	41
5:50	3	42	3	45
5:55	11	53	11	60
5:56	14	65	14	72
5:57	19	75	19	82
5:58	24	85	24	92
5:59	37	136	37	149
6:00	49	163	49	177

จากรูปที่ 4.17 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแสงบนพื้นที่ใช้งานของเสาทั้งสองต้นในช่วง 18.00 น. ถึง 6.00 น. โดยกราฟสีน้ำเงินจะเป็นแสงของต้นที่ 1 และสีส้มจะเป็นของต้นที่ 2 จากกราฟจะพบว่าความสว่างที่ได้จากเสาทั้งสองโดยเฉลี่ยจะอยู่ในระดับ 40 ลักซ์ซึ่งตรงตามที่โปรแกรมตั้งไว้ แต่ในเสาต้นที่ 2 นั้นจะมีอยู่หลายครั้งที่กราฟพุ่งขึ้นไป เนื่องจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวตรวจจับบางอย่างได้ ทำให้แสงสว่างจึงต้องเพิ่มมากขึ้นในบางจังหวะ นอกจากนี้ยังทำให้เสาต้นที่ 1 สว่างขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากโปรแกรมที่ตั้งไว้คือเมื่อเสาต้นใดเจอคนจะส่งสัญญาณไปยังอีกต้นให้สว่างขึ้นด้วยเพียงแต่สว่างขึ้นในระดับที่น้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.17 ค่าแสงบนพื้นที่ใช้งานเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น

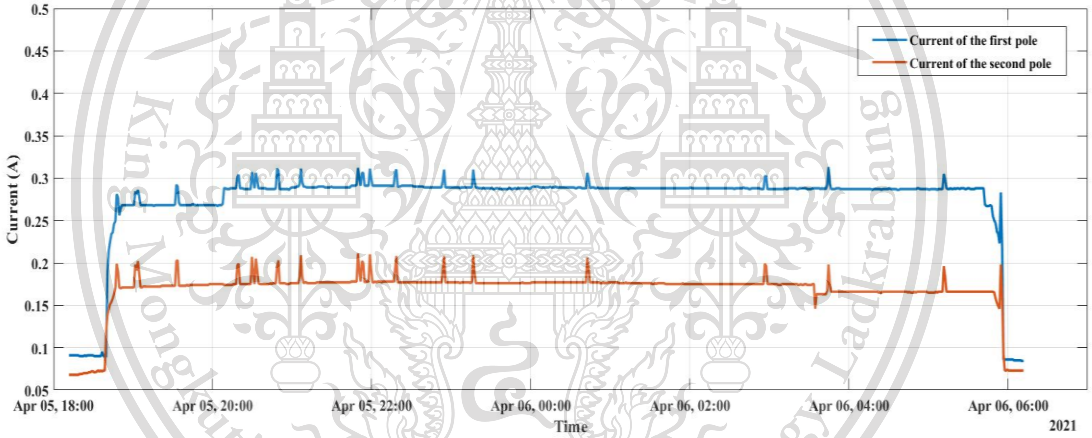
ตารางที่ 4.3 ค่าแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น

เวลา	แสงบนพื้นที่ใช้งาน (Lux)	
	เสาต้นที่ 1	เสาต้นที่ 2
18:00	1108	2702
18:15	834	835
18:30	71	72
19:30	39	40
20:30	38	39
21:30	38	40
22:30	38	39
23:30	38	39
0:30	38	39
1:30	38	40
2:30	38	39
3:30	38	39
4:30	38	39
5:30	38	40
6:00	163	177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.2 ผลการทดลองทางไฟฟ้าของการทำงานแบบอัตโนมัติ

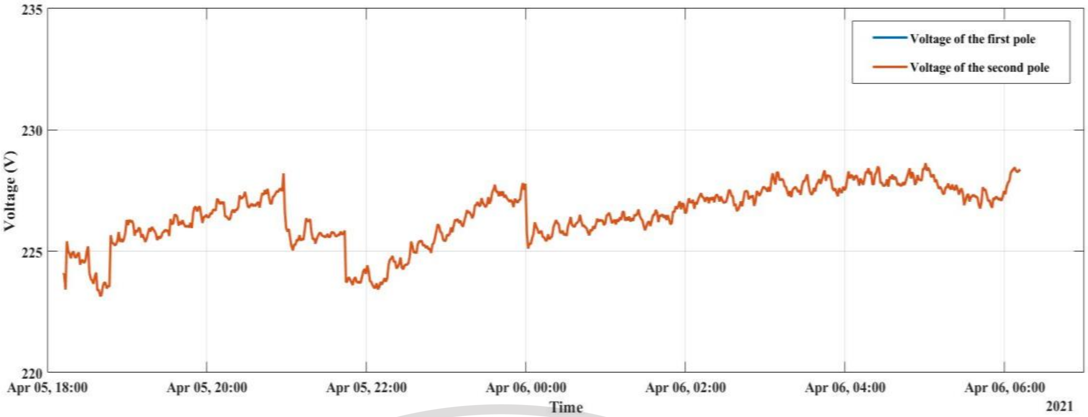
จากรูปที่ 4.18 เป็นกราฟแสดงค่ากระแสที่วัดได้จากเสาทั้งสองต้น โดยกราฟสีน้ำเงินจะแสดงกระแสของเสาต้นที่ 1 และสีส้มจะเป็นกราฟแสดงค่ากระแสของเสาต้นที่ 2 จากกราฟจะพบว่าเสาไฟเริ่มมีการดึงกระแสมากขึ้นอย่างมีนัยยะตอนประมาณ 18.40 น. และโดยเฉลี่ยในช่วงกลางคืน เสาต้นที่หนึ่งจะใช้กระแสประมาณ 0.3 แอมป์ ส่วนต้นที่สองจะใช้กระแสประมาณ 0.18 แอมป์ ทั้งนี้เนื่องจากเสาต้นที่หนึ่งนั้นมีกล้องวงจรปิดต่อร่วมอยู่ด้วยทำให้กระแสที่ใช้มีค่ามากกว่าและการตั้งค่าเครื่องวัดที่ไม่ถูกต้องก็มีผลต่อค่ากระแสเช่นกัน และในช่วงตลอดทั้งคืนจะพบว่ามีหลายครั้งที่กราฟกระแสนั้นพุ่งขึ้นไปทั้งสองต้น ทั้งนี้ก็สืบเนื่องมาจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของเสาต้นที่สองตรวจจับบางอย่างได้ทำให้ต้องปรับแสงสว่างขึ้นก็จึงทำให้มีการดึงกระแสมากขึ้นในบางจังหวะและยังส่งสัญญาณไปยังเสาต้นที่หนึ่ง ทำให้เสาที่หนึ่งจึงต้องดึงกระแสมากขึ้นตาม และเสาทั้งสองต้นจะกลับมาดึงกระแสเพียงเล็กน้อยอีกครั้งในช่วง 6 โมงเช้า



รูปที่ 4.18 ค่ากระแสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น

จากรูปที่ 4.19 เป็นกราฟแรงดันของเสาทั้งสองต้น โดยกราฟสีน้ำเงินแสดงแรงดันของเสาต้นที่หนึ่งและกราฟสีส้มแสดงแรงดันของเสาต้นที่สอง เนื่องจากเสาทั้งสองต่อขนานกันดังนั้นจุดที่ใช้วัดแรงดันนั้นก็คือจุดเดียวกัน ทำให้กราฟที่ได้ออกมานั้นมีค่าเท่ากันเสมอ จากกราฟจะพบว่าแรงดันที่วัดได้จะแกว่งอยู่ในช่วง 223 ถึง 228 โวลต์ ตลอดทั้งคืนตั้งแต่ 18.00 น. จนถึง 6.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



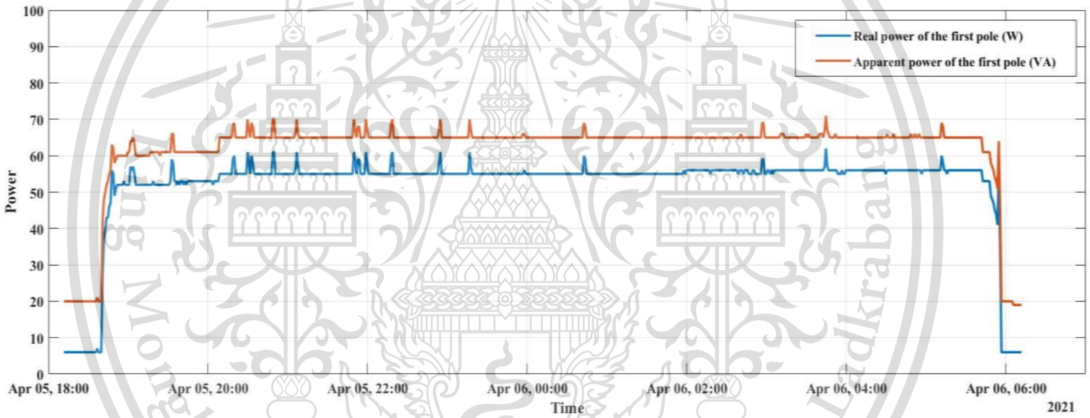
รูปที่ 4.19 ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น

ตารางที่ 4.4 ค่ากระแสและแรงดันตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น

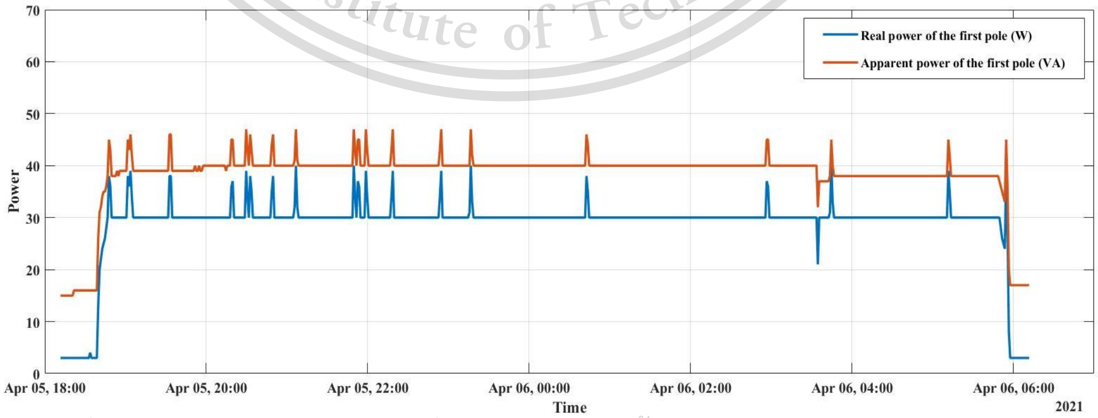
เวลา	ค่ากระแส (A)		ค่าแรงดัน (V)	
	เสาต้นที่ 1	เสาต้นที่ 2	เสาต้นที่ 1	เสาต้นที่ 2
18:00	0.09	0.07	224	224
19:00	0.27	0.17	226	226
20:00	0.27	0.18	226	226
21:00	0.29	0.18	226	226
22:00	0.29	0.18	224	224
23:00	0.29	0.18	226	226
0:00	0.29	0.18	226	226
1:00	0.29	0.18	226	226
2:00	0.29	0.18	227	227
3:00	0.29	0.18	228	228
4:00	0.29	0.17	228	228
5:00	0.29	0.17	229	229
6:00	0.09	0.07	227	227

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.20(ก) และ 4.20 (ข) เป็นกราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของเสาต้นที่หนึ่งและเสาต้นที่สอง โดยกราฟสีน้ำเงินจะแสดงค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกราฟสีส้มจะแสดงค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ จากรูปทั้งสองจะพบว่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏของเสาต้นที่หนึ่งนั้นมากกว่าต้นที่สองประมาณเกือบสองเท่า โดยกำลังไฟฟ้าจริงของเสาต้นที่หนึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 55 วัตต์ และเสาต้นที่สองอยู่ที่ประมาณ 30 วัตต์ ในส่วนของกำลังไฟฟ้าปรากฏนั้นก็สอดคล้องไปในทางเดียวกันกับกำลังไฟฟ้าจริง โดยเสาต้นที่หนึ่งจะมีค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏอยู่ที่ประมาณ 65 VA และต้นที่สองอยู่ที่ประมาณ 40 VA ทั้งนี้เหตุผลก็สืบเนื่องมาจากกระแสที่มากกว่าของต้นที่หนึ่งวัดค่าได้ ทำให้กำลังโดยรวมของต้นที่หนึ่งนั้นมากกว่า และจุดที่กำลังไฟฟ้าของทั้งสองต้นพุ่งขึ้นมานั้นก็เหตุผลเดียวกันกับกระแสไฟฟ้า คือการที่เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวตรวจจับได้ว่ามีบางอย่างมีการเคลื่อนไหว จึงทำให้ต้องปรับความสว่างขึ้นในบางจังหวะ และในกราฟของต้นที่สองที่พุ่งขึ้นไปมากกว่าจากการตรวจจับที่ผิดพลาดของเสาต้นที่สอง



รูปที่ 4.20(ก) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 1



รูปที่ 4.20(ข) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

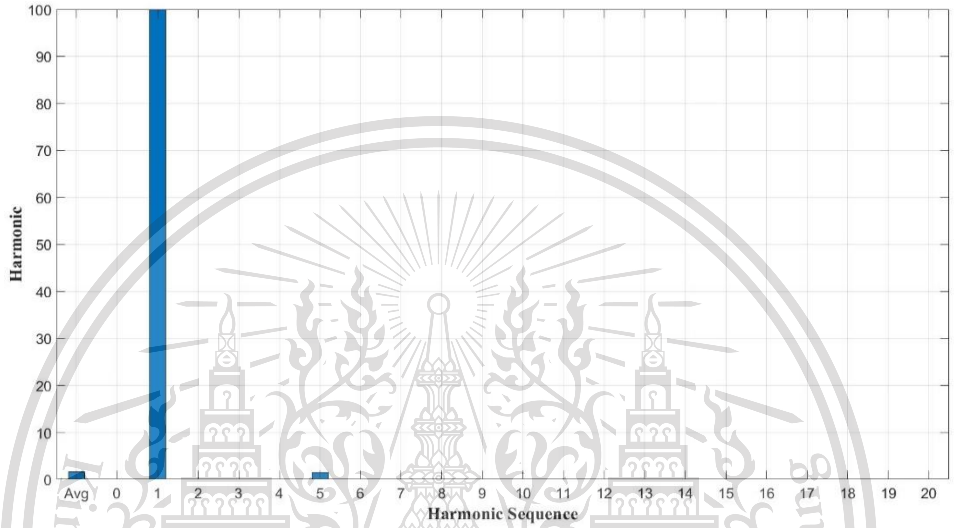
ตารางที่ 4.5 ค่ากำลังไฟฟ้าตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น

เวลา	เสาต้นที่ 1		เสาต้นที่ 2	
	ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)	ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (W)	ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)	ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (W)
18:00	20	6	15	3
19:00	61	52	39	30
20:00	61	53	40	30
21:00	65	55	40	30
22:00	65	55	40	30
23:00	65	55	40	30
0:00	65	55	40	30
1:00	65	55	40	30
2:00	65	56	40	30
3:00	65	56	40	30
4:00	65	56	38	30
5:00	65	56	38	30
6:00	20	6	17	3

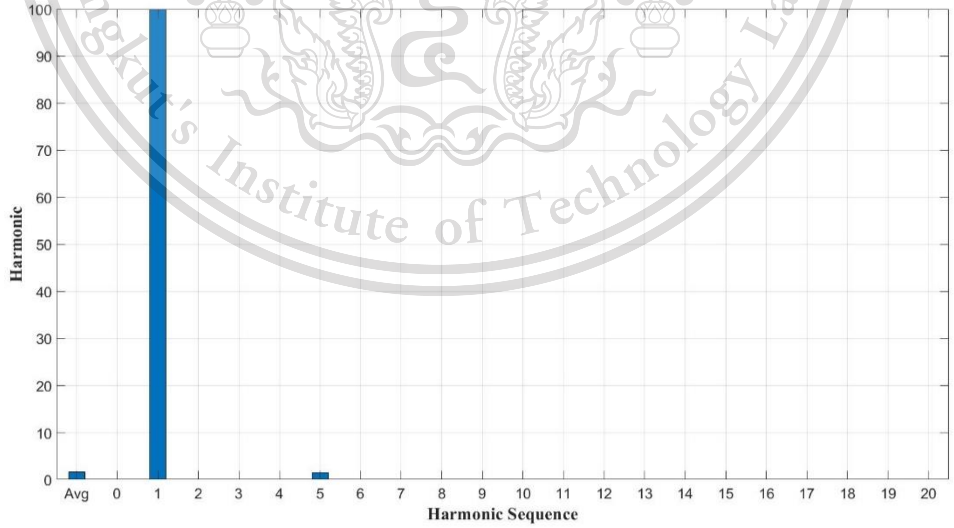
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.21 (ก) และ 4.21 (ข) เป็นรูปแสดงค่าฮาร์มอนิกส์แรงดันลำดับต่างๆของเสาทั้งสองต้น โดยทั้งสองต้นจะมีค่าที่เท่ากัน จากรูปจะพบว่ารูปกราฟแรงดันนั้นมีความผิดเพี้ยนค่อนข้างน้อยมาก สังเกตได้จากการมีเพียงฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 5 ซึ่งก็มีค่าน้อยมาก ทำให้ค่าความผิดเพี้ยนของกราฟแรงดันโดยรวมนั้นถือว่าไม่มีความผิดเพี้ยนของกราฟเลย



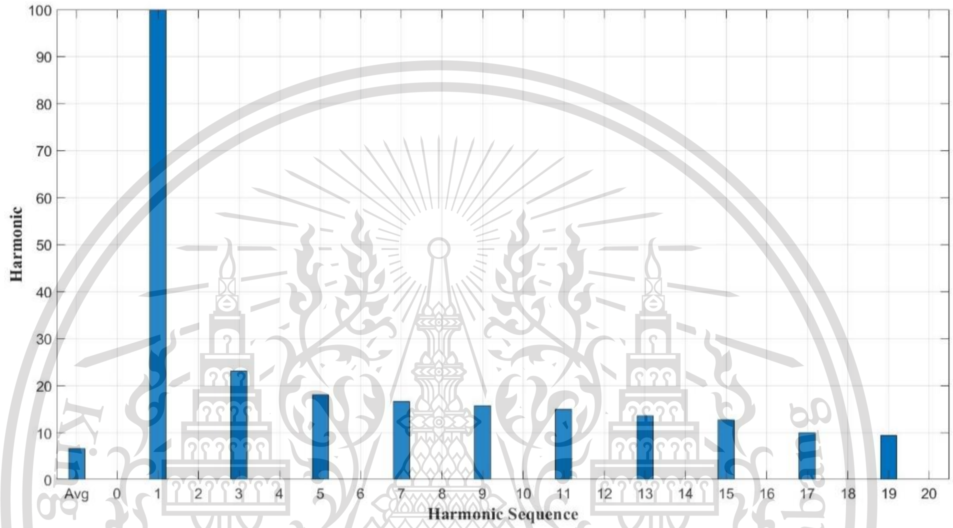
รูปที่ 4.21(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 1



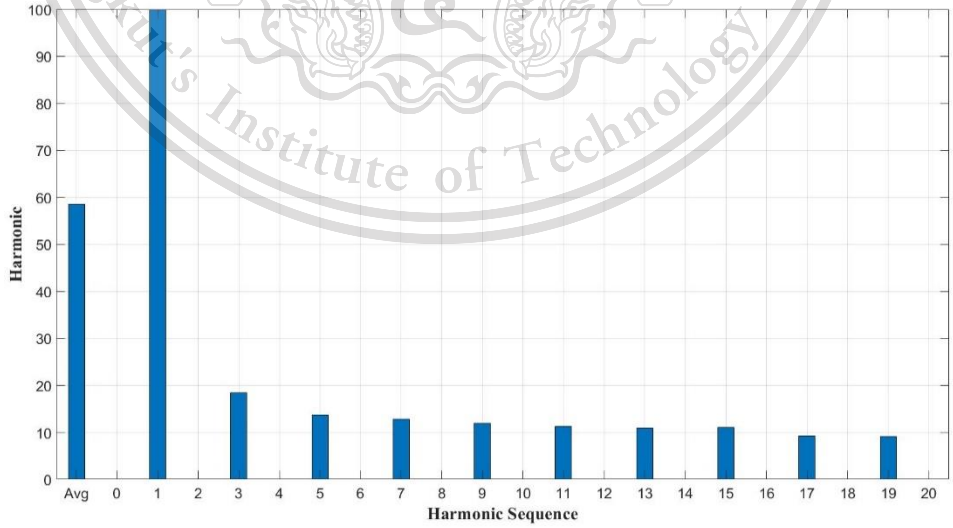
รูปที่ 4.21(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.22 (ก) และ 4.22 (ข) เป็นรูปแสดงค่าฮาร์มอนิกส์กระแสลำดับต่างๆของเสาทั้งสองต้น จากรูปจะพบว่ากราฟกระแสของเสาทั้งสองต้นนั้นจะมีความผิดเพี้ยนอยู่บ้าง สงเกตได้จากฮาร์มอนิกส์ลำดับคี่ที่เกิดขึ้น ซึ่งเกิดจากโหลดอิเล็กทรอนิกส์ โดยฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3 นั้นจะมีค่ามากที่สุดอยู่ที่ประมาณ 20% จากนั้นจะค่อยๆลดลงในฮาร์มอนิกส์คี่ลำดับถัดๆไปจนถึงลำดับที่ 20 โดยเสาต้นที่หนึ่งและเสาต้นที่สองจะมีค่าฮาร์มอนิกส์รวมอยู่ที่ 46.1% และ 36.8% ตามลำดับ



รูปที่ 4.22(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 1



รูปที่ 4.22(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.3 การเปรียบเทียบค่าฮาร์มอนิกส์ที่ได้จากการทดลองกับค่ามาตรฐาน

จากมาตรฐานค่าจำกัดกระแสฮาร์มอนิกส์สำหรับอุปกรณ์กลุ่ม C ค่า λ ในตารางมาตรฐานจะแทนด้วย 0.846 และ 0.75 สำหรับเสาต้นที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อนำค่ามาตรฐานมาเปรียบเทียบกับค่ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่วัดได้จากการทดลองของเสาทั้งสองต้นจะได้ข้อสรุปดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบค่าฮาร์มอนิกส์กระแสจากการทดลองกับค่ามาตรฐานของเสาทั้งสองต้น

ลำดับฮาร์มอนิกส์	เสาต้นที่ 1			เสาต้นที่ 2		
	ค่ามาตรฐาน (%f)	ค่าที่วัดได้ (%f)	สถานะ	ค่ามาตรฐาน (%f)	ค่าที่วัดได้ (%f)	สถานะ
2	2	0	ผ่าน	2	0.35	ผ่าน
3	25.38	23.1	ผ่าน	22.5	18.4	ผ่าน
5	10	17.9	ไม่ผ่าน	10	13.9	ไม่ผ่าน
7	7	46.6	ไม่ผ่าน	7	12.8	ไม่ผ่าน
9	5	15.7	ไม่ผ่าน	5	11.8	ไม่ผ่าน
11	3	15	ไม่ผ่าน	3	11.3	ไม่ผ่าน
13	3	13.5	ไม่ผ่าน	3	10.9	ไม่ผ่าน
15	3	13.5	ไม่ผ่าน	3	10.9	ไม่ผ่าน
17	3	10	ไม่ผ่าน	3	9.2	ไม่ผ่าน
19	3	9.4	ไม่ผ่าน	3	9.1	ไม่ผ่าน

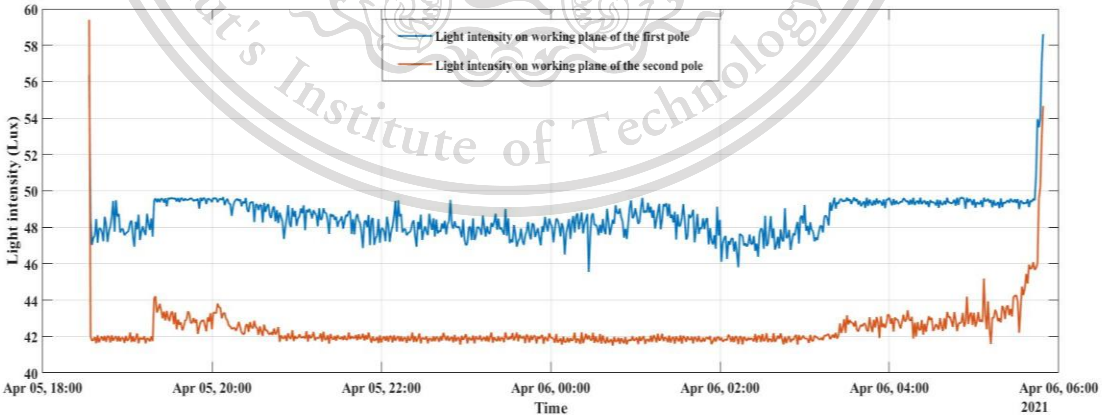
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.2 การทำงานแบบตั้งเวลาเปิด/ปิดผ่านระบบควบคุม

การทำงานของเสาไฟในโหมดนี้จะเป็นการปล่อยให้เสาไฟทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้ผ่านโปรแกรม ซึ่งได้ตั้งให้เสาไฟทำงานตั้งแต่ 18.00 น. จนถึง 6.00 น. โดยในการทดลองนี้จะสมมติให้ไม่มีคนเดินผ่านเลยในขณะทดลองและความสว่างที่ได้จากดวงโคมจะเป็นความสว่างที่ 100% ของพิกัดการใช้งาน การทดลองนี้มีจุดประสงค์ที่จะทดสอบความถูกต้องของการทำงานแบบตั้งเวลาผ่านโปรแกรมและศึกษาทั้งความเข้มแสงที่ได้และค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ซึ่งหลังจากการเก็บค่าแล้วนั้น ได้นำค่าความเข้มแสงมาศึกษาและพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.23 และในส่วนของพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าเมื่อนำมาศึกษาและพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.24, 4.25, 4.26, 4.27 และ 4.28

4.2.2.1 ผลการทดลองทางแสงสว่างของการทำงานแบบตั้งเวลาเปิด/ปิดผ่านระบบควบคุม

จากการทดลองเก็บค่าจะพบว่าเสาไฟเริ่มมีการทำงานที่ 18.00 น. แต่จากรูปที่ 4.23 จะพบว่าในช่วง 18.00 น. นั้นแสงสว่างภายนอกยังคงมีค่ามากอยู่จึงไม่ทำให้เห็นถึงความสว่างที่มาจากดวงโคมอย่างแท้จริง แต่เมื่อเวลาผ่านไปถึงช่วงประมาณ 18.30 น. แสงภายนอกน้อยลงอย่างมากจนทำให้เห็นถึงความสว่างที่มาจากดวงโคม ซึ่งเสาต้นที่หนึ่งจะให้ความสว่างบนพื้นที่ใช้งานประมาณ 50 ลักซ์และต้นที่สองจะให้ความสว่างบนพื้นที่ใช้งานประมาณ 45 ลักซ์โดยเฉลี่ย ทั้งนี้ที่สองต้นวัดค่าได้ไม่เท่ากันนั้นอาจเกิดได้จากสายไฟที่ต่อเข้าตัวเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าแสงนั้นมีความยาวไม่เท่ากัน โดยสายไฟที่ใช้กับเซนเซอร์ของต้นที่สองนั้นจะมีความยาวที่มากกว่า ทำให้ความสว่างที่วัดได้นั้นอาจจะดรอปลงไปบ้างและยังทำให้เกิดการแกว่งของค่าที่มากกว่าเช่นกัน



รูปที่ 4.23 ค่าแสงบนพื้นที่ใช้งานเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

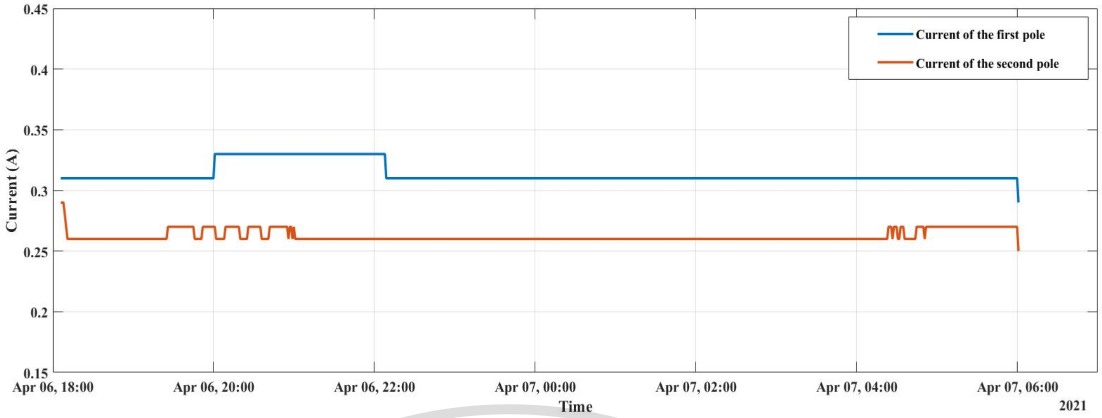
ตารางที่ 4.7 ค่าแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น

เวลา	แสงบนพื้นที่ใช้งาน (Lux)	
	เสาต้นที่ 1	เสาต้นที่ 2
18:00	3717	3489
18:15	904	920
18:30	56	59
19:30	50	43
20:30	49	42
21:30	48	42
22:30	48	42
23:30	47	42
0:30	48	42
1:30	49	42
2:30	47	42
3:30	49	43
4:30	49	43
5:30	49	43
6:00	135	147

4.2.2.2 ผลการทดลองทางไฟฟ้าของการทำงานแบบตั้งเวลาเปิด/ปิดผ่านระบบควบคุม

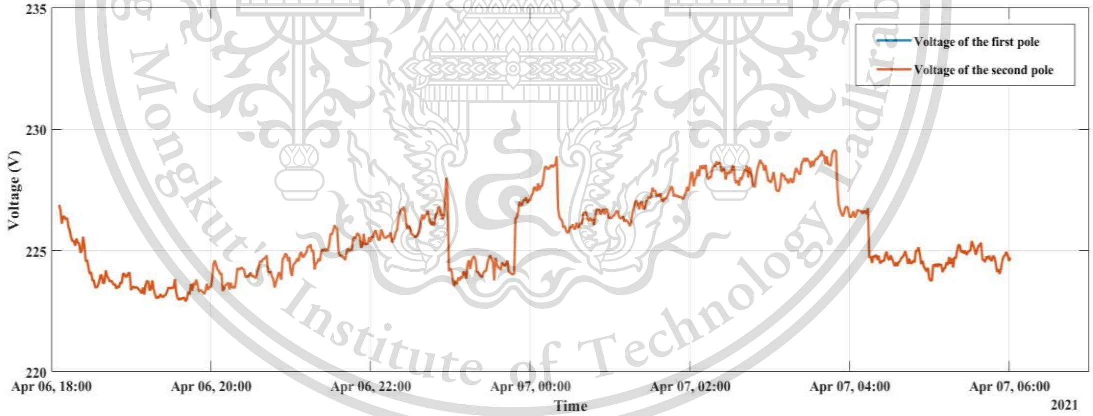
จากรูปที่ 4.24 เป็นกราฟแสดงค่ากระแสที่วัดได้จากเสาทั้งสองต้น โดยกราฟสีน้ำเงินจะแสดงกระแสของเสาต้นที่หนึ่งและสีส้มจะเป็นกราฟแสดงค่ากระแสของเสาต้นที่สอง จากกราฟจะพบว่ากระแสของต้นที่หนึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 0.3 แอมป์ และต้นที่สองจะอยู่ที่ประมาณ 0.25 แอมป์ เนื่องจากเสาต้นที่หนึ่งมีกล้องวงจรปิดติดตั้งอยู่ด้วยจึงต้องดึงไฟมากกว่า แต่โดยเฉลี่ยแล้วนั้นค่ากระแสของทั้งสองเสานั้นมีค่าค่อนข้างนิ่งแต่ก็จะมีบางช่วงที่มีการดึงกระแสมากขึ้นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.24 ค่ากระแสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น

จากรูปที่ 4.25 เป็นกราฟแรงดันของเสาทั้งสองต้น โดยกราฟสีน้ำเงินแสดงแรงดันของเสาต้นที่หนึ่งและกราฟสีส้มแสดงแรงดันของเสาต้นที่สอง เนื่องจากเสาทั้งสองต่อขนานกันดังนั้นจุดที่ใช้วัดแรงดันนั้นก็คือจุดเดียวกัน ทำให้กราฟที่ได้ออกมานั้นมีค่าเท่ากันเสมอ จากกราฟจะพบว่าแรงดันที่วัดได้จะแกว่งอยู่ในช่วง 223 ถึง 228 โวลต์ ตลอดทั้งคืนตั้งแต่ 18.00 น. จนถึง 6.00 น.



รูปที่ 4.25 ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

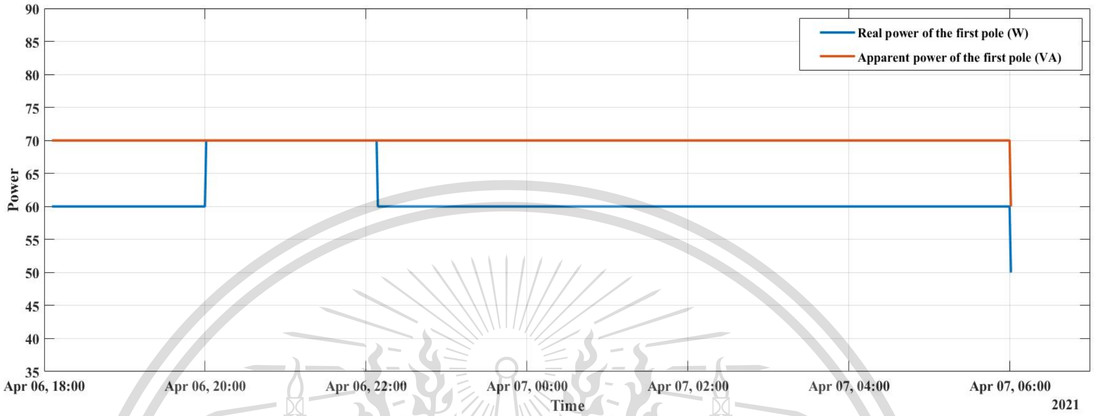
ตารางที่ 4.8 ค่ากระแสและแรงดันตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น

เวลา	ค่ากระแส (A)		ค่าแรงดัน (V)	
	เสาต้นที่ 1	เสาต้นที่ 2	เสาต้นที่ 1	เสาต้นที่ 2
18:00	0.31	0.29	227	227
19:00	0.31	0.26	223	223
20:00	0.33	0.27	224	224
21:00	0.33	0.26	224	224
22:00	0.33	0.26	226	226
23:00	0.31	0.26	224	224
0:00	0.31	0.26	227	227
1:00	0.31	0.26	226	226
2:00	0.31	0.26	228	228
3:00	0.31	0.26	228	228
4:00	0.31	0.26	226	226
5:00	0.31	0.27	224	224
6:00	0.29	0.25	225	225

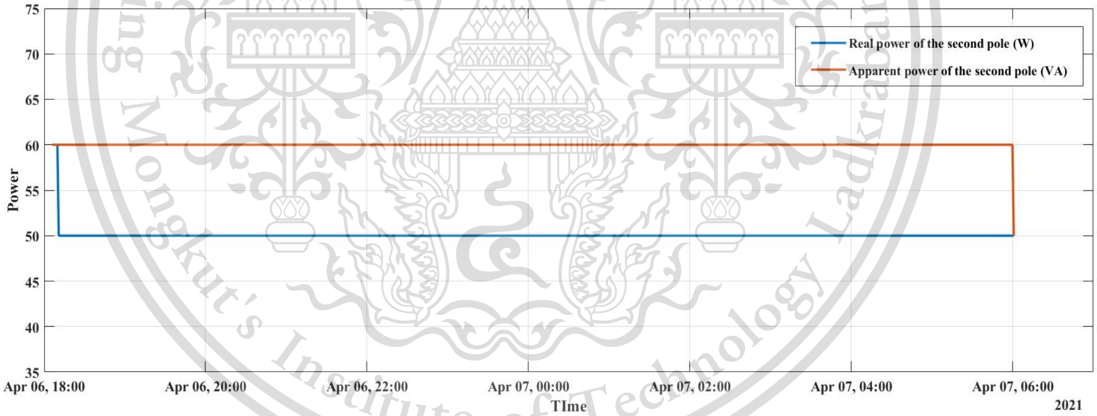
จากรูปที่ 4.26 (ก) และ 4.26 (ข) เป็นกราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของเสาต้นที่หนึ่งและเสาต้นที่สอง โดยกราฟสีน้ำเงินจะแสดงค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกราฟสีส้มจะแสดงค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ จากรูปทั้งสองจะพบว่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏของเสาต้นที่หนึ่งนั้นมากกว่าต้นที่สองเล็กน้อยประมาณ 10 วัตต์และ 10 VA โดยกำลังไฟฟ้าจริงของเสาต้นที่หนึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 60 วัตต์และเสาต้นที่สองอยู่ที่ประมาณ 50 วัตต์ ในส่วนของกำลังไฟฟ้าปรากฏนั้นก็สอดคล้องไปในทางเดียวกันกับกำลังไฟฟ้าจริง โดยเสาต้นที่หนึ่งจะมีค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏอยู่ที่ประมาณ 70 VA และต้นที่สองอยู่ที่ประมาณ 60 VA ทั้งนี้เหตุผลก็สืบเนื่องมาจากกระแสที่มากกว่าของต้นที่หนึ่งที่วัดค่าได้ ทำให้กำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยรวมของต้นที่หนึ่งนั้นมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ออกมานั้นมีค่าที่คงที่ ถึงแม้จะมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยของเสาต้นที่หนึ่งในบางช่วง แต่ก็ไม่มีการแกว่งของค่าในระยะเวลาสั้นๆ แสดงถึงความเข้มแสงที่ออกมาก็ค่อนข้างจะมีความสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาที่ใช้งาน



รูปที่ 4.26(ก) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 1



รูปที่ 4.26(ข) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

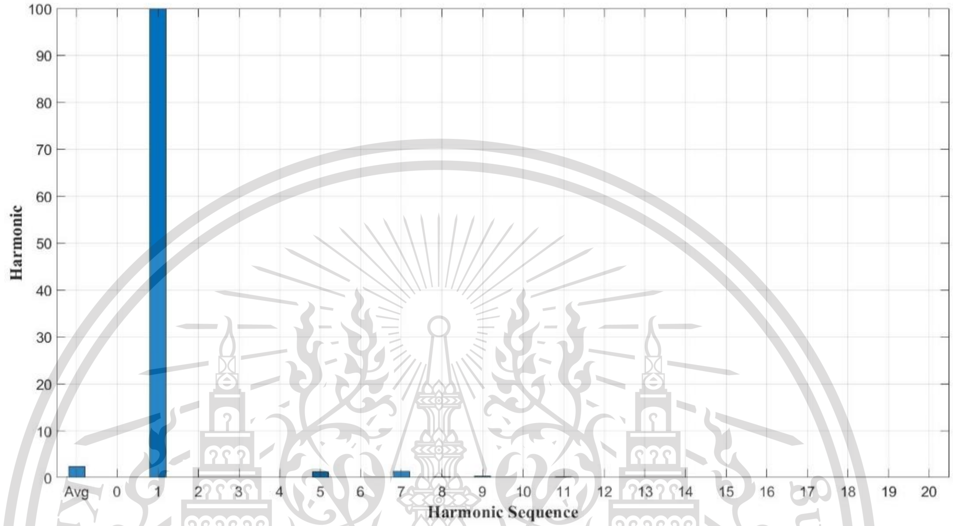
ตารางที่ 4.9 ค่ากำลังไฟฟ้าตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น

เวลา	เสาต้นที่ 1		เสาต้นที่ 2	
	ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)	ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (W)	ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)	ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (W)
18:00	60	70	60	60
19:00	60	70	50	60
20:00	70	70	50	60
21:00	70	70	50	60
22:00	70	70	50	60
23:00	60	70	50	60
0:00	60	70	50	60
1:00	60	70	50	60
2:00	60	70	50	60
3:00	60	70	50	60
4:00	60	70	50	60
5:00	60	70	50	60
6:00	50	60	50	50

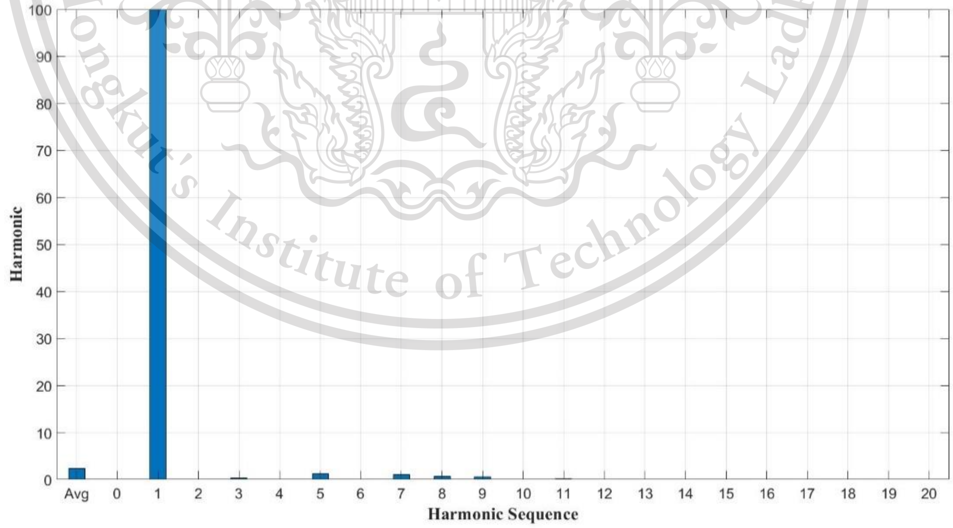
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.27 (ก) และ 4.27 (ข) เป็นรูปแสดงค่าฮาร์มอนิกส์แรงดันลำดับต่างๆของเสาทั้งสองต้น โดยทั้งสองต้นจะมีค่าที่เท่ากัน จากรูปจะพบว่ารูปกราฟแรงดันนั้นมีความผิดเพี้ยนค่อนข้างน้อยมาก สังเกตได้จากฮาร์มอนิกส์ลำดับอื่นๆที่ไม่ใช่ลำดับที่ 1 มีค่าน้อยมาก ทำให้ค่าความผิดเพี้ยนของกราฟแรงดันโดยรวมนั้นถือว่าไม่มีความผิดเพี้ยนของกราฟเลย



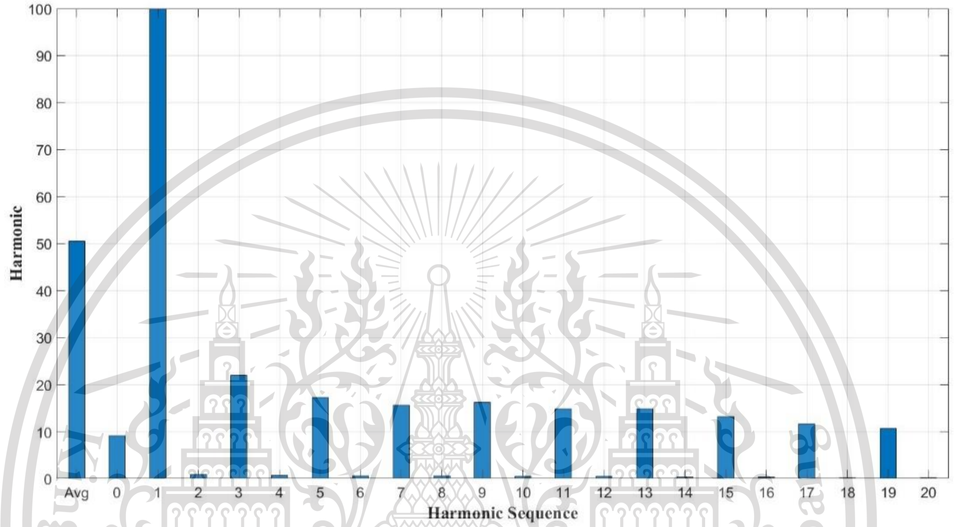
รูปที่ 4.27(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 1



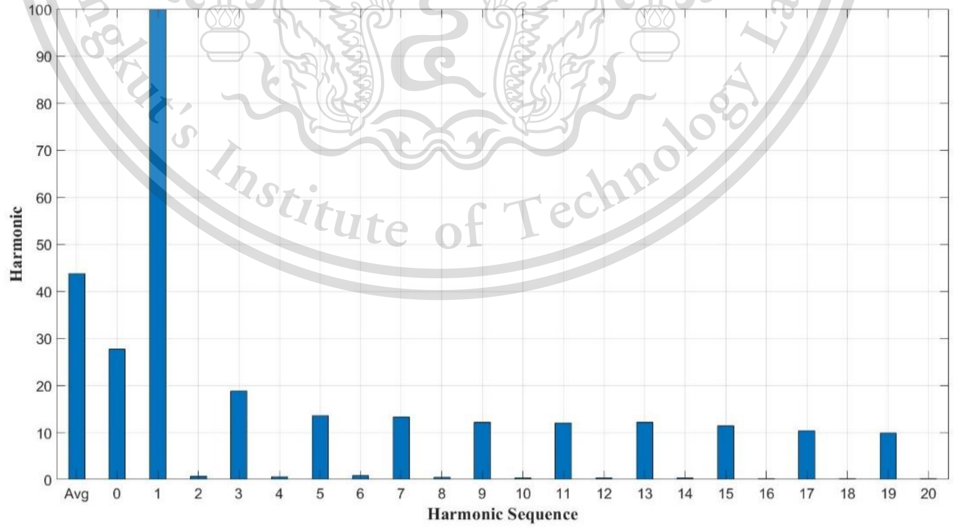
รูปที่ 4.27(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.28 (ก) และ 4.28 (ข) เป็นรูปแสดงค่าฮาร์มอนิกส์กระแสลำดับต่างๆของเสาทั้งสองต้น จากรูปจะพบว่ากราฟกระแสของเสาทั้งสองต้นนั้นจะมีความผิดเพี้ยนอยู่บ้าง สังเกตได้จากฮาร์มอนิกส์ลำดับคี่ที่เกิดขึ้น ซึ่งเกิดจากโหลดอิเล็กทรอนิกส์ โดยฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3 นั้นจะมีค่ามากที่สุดซึ่งอยู่ที่ประมาณ 20% จากนั้นจะค่อยๆลดลงในฮาร์มอนิกส์คี่ลำดับถัดๆไปจนถึงลำดับที่ 20 โดยเสาต้นที่หนึ่งและเสาต้นที่สองจะมีค่าฮาร์มอนิกส์รวมอยู่ที่ 46.14% และ 38.36% ตามลำดับ



รูปที่ 4.28(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 1



รูปที่ 4.28(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.2.3 การเปรียบเทียบค่าฮาร์มอนิกส์ที่ได้จากการทดลองกับค่ามาตรฐาน

จากมาตรฐานค่าจำกัดกระแสฮาร์มอนิกส์สำหรับอุปกรณ์กลุ่ม C ค่า λ ในตารางมาตรฐานจะแทนด้วย 0.857 และ 0.833 สำหรับเสาต้นที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อนำค่ามาตรฐานมาเปรียบเทียบกับค่ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่วัดได้จากการทดลองของเสาทั้งสองต้นจะได้ข้อสรุปดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ตารางเปรียบเทียบค่าฮาร์มอนิกส์กระแสจากการทดลองกับค่ามาตรฐานของเสาทั้งสองต้น

ลำดับฮาร์มอนิกส์	เสาต้นที่ 1			เสาต้นที่ 2		
	ค่ามาตรฐาน (%f)	ค่าที่วัดได้ (%f)	สถานะ	ค่ามาตรฐาน (%f)	ค่าที่วัดได้ (%f)	สถานะ
2	2	1.147	ผ่าน	2	1.313	ผ่าน
3	25.71	21.9	ผ่าน	24.99	18.8	ผ่าน
5	10	17.2	ไม่ผ่าน	10	13.5	ไม่ผ่าน
7	7	15.6	ไม่ผ่าน	7	13.2	ไม่ผ่าน
9	5	16.2	ไม่ผ่าน	5	12.2	ไม่ผ่าน
11	3	14.7	ไม่ผ่าน	3	12	ไม่ผ่าน
13	3	14.9	ไม่ผ่าน	3	12.1	ไม่ผ่าน
15	3	13.1	ไม่ผ่าน	3	11.4	ไม่ผ่าน
17	3	11.6	ไม่ผ่าน	3	10.4	ไม่ผ่าน
19	3	10.6	ไม่ผ่าน	3	9.9	ไม่ผ่าน

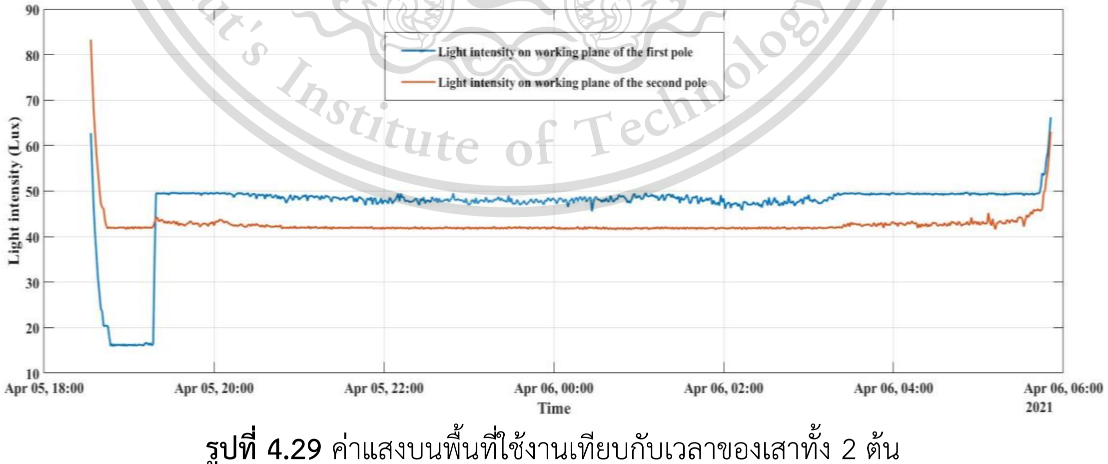
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.3 การทำงานแบบเปิด/ปิดโดยไม่ผ่านระบบควบคุม

การทำงานของเสาไฟในโหมดนี้จะเป็นการต่อไฟเข้าหลอดโดยตรงซึ่งจะไม่มีวงจรควบคุมอิเล็กทรินิกส์ร่วมอยู่ด้วย ซึ่งการทดลองนี้จะทำการเปิด/ปิดเองผ่านทางเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยจะเปิดไฟตอน 18.00 น. และจะปิดไฟตอน 6.00 น. การทดลองนี้มีจุดประสงค์ที่จะนำมาเปรียบเทียบกับการทำงานแบบตั้งเวลาเปิด/ปิดผ่านระบบควบคุม หลังจากการเก็บค่าแล้วนั้น ได้นำค่าความเข้มแสงมาศึกษาและพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.29 และในส่วนของพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าเมื่อนำมาศึกษาและพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.30, 4.31, 4.32, 4.33 และ 4.34

4.2.3.1 ผลการทดลองทางแสงสว่างของการทำงานแบบเปิด/ปิดโดยไม่ผ่านระบบควบคุม

จากการทดลองเก็บค่าจะพบว่าเมื่อเริ่มเปิดไฟที่ 18.00 น. แต่จากรูปที่ 4.29 จะพบว่าในช่วง 18.00 น. นั้นแสงสว่างภายนอกยังคงมีค่ามากอยู่จึงไม่ทำให้เห็นถึงความสว่างที่มาจากดวงโคมอย่างแท้จริง แต่เมื่อเวลาผ่านไปถึงประมาณช่วง 18.45 แสงบนพื้นที่ใช้งานก็จะสะท้อนแสงที่มาจากดวงโคมทั้งหมด ซึ่งจากกราฟจะพบว่าต้นที่หนึ่งนั้นมีค่าความสว่างเพียง 15 ลักซ์เท่านั้นในช่วงต้น เนื่องจากสายคอนโทรลของตัวไดร์เวอร์ของเสาต้นที่หนึ่งนั้นสัมผัสกัน ทำให้แสงสว่างลดระดับลง แต่เมื่อกลับเข้าสู่ภาวะปกติเสาต้นที่หนึ่งก็จะให้ความสว่างอยู่ที่ช่วง 50 ลักซ์ และเสาต้นที่สองจะให้ความสว่างอยู่ที่ประมาณ 42 ลักซ์ ทั้งนี้ที่สองต้นวัดค่าได้ไม่เท่ากันนั้นอาจเกิดได้จากสายไฟที่ต่อเข้าตัวเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าแสงนั้นมีความยาวไม่เท่ากัน โดยสายไฟที่ใช้กับเซนเซอร์ของต้นที่สองนั้นจะมีความยาวที่มากกว่า ทำให้ความสว่างที่วัดได้นั้นอาจจะดรอปลงไปบ้าง



รูปที่ 4.29 ค่าแสงบนพื้นที่ใช้งานเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

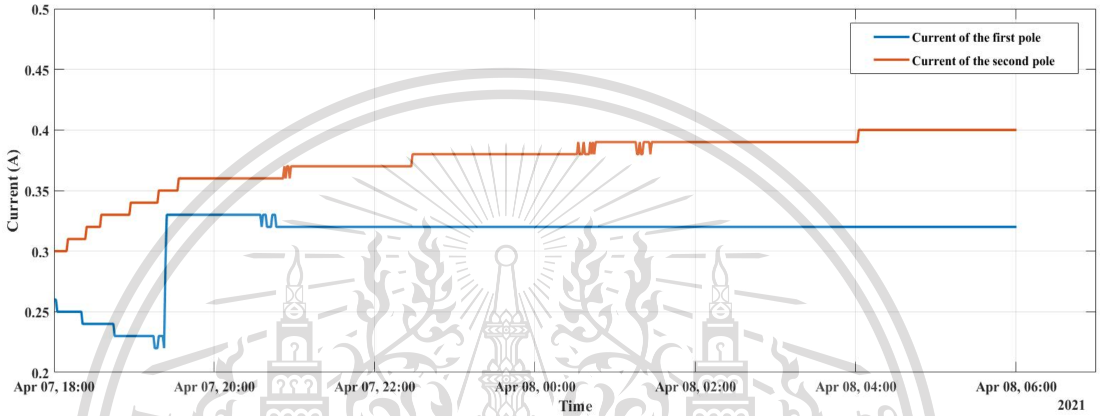
ตารางที่ 4.11 ค่าแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น

เวลา	แสงบนพื้นที่ใช้งาน (Lux)	
	เสาต้นที่ 1	เสาต้นที่ 2
18:00	2510	2265
18:15	797	769
18:30	63	83
19:30	50	43
20:30	49	42
21:30	48	42
22:30	48	42
23:30	47	42
0:30	48	42
1:30	49	42
2:30	47	42
3:30	49	43
4:30	49	43
5:30	49	43
6:00	186	186

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

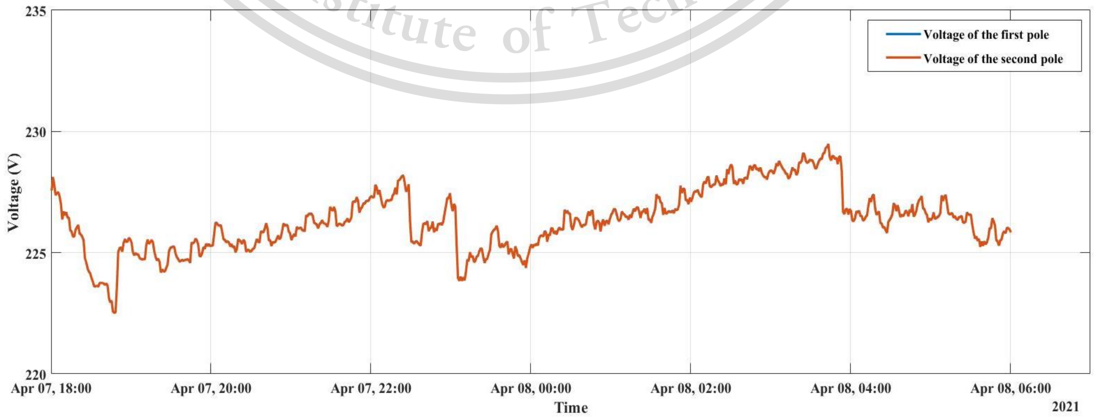
4.2.3.2 ผลการทดลองทางไฟฟ้าของการทำงานแบบเปิด/ปิดโดยไม่ผ่านระบบควบคุม

จากรูปที่ 4.30 เป็นกราฟแสดงค่ากระแสที่วัดได้จากเสาทั้งสองต้น โดยกราฟสีน้ำเงินจะแสดงกระแสของเสาต้นที่หนึ่งและสีส้มจะเป็นกราฟแสดงค่ากระแสของเสาต้นที่สอง จากกราฟจะพบว่ากระแสของต้นที่หนึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 0.3 แอมป์ในช่วงภาวะปกติ แต่เนื่องจากเสาต้นที่หนึ่งมีความผิดพลาดจากการสัมผัสกันของสายคอนโทรลที่ตัวไดร์เวอร์ในช่วงแรก จึงทำให้ดึงกระแสน้อยกว่าปกติ ในส่วนของต้นที่สองจะดึงกระแสเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจาก 0.3 แอมป์ จนถึง 0.4 แอมป์



รูปที่ 4.30 ค่ากระแสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น

จากรูปที่ 4.31 เป็นกราฟแรงดันของเสาทั้งสองต้น โดยกราฟสีน้ำเงินแสดงแรงดันของเสาต้นที่หนึ่งและกราฟสีส้มแสดงแรงดันของเสาต้นที่สอง เนื่องจากเสาทั้งสองต่อขนานกันดังนั้นจุดที่ใช้วัดแรงดันนั้นก็คือจุดเดียวกัน ทำให้กราฟที่ได้ออกมานั้นมีค่าเท่ากันเสมอ จากกราฟจะพบว่าแรงดันที่วัดได้จะแกว่งอยู่ในช่วง 223 ถึง 228 โวลต์ ตลอดทั้งคืนตั้งแต่ 18.00 น. จนถึง 6.00 น.



รูปที่ 4.31 ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสเทียบกับเวลาของเสาทั้ง 2 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.12 ค่ากระแสและแรงดันตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น

เวลา	ค่ากระแส (A)		ค่าแรงดัน (V)	
	เสาต้นที่ 1	เสาต้นที่ 2	เสาต้นที่ 1	เสาต้นที่ 2
18:00	0.26	0.3	228	228
19:00	0.23	0.34	225	225
20:00	0.33	0.36	225	225
21:00	0.32	0.37	226	226
22:00	0.32	0.37	227	227
23:00	0.32	0.38	227	227
0:00	0.32	0.38	225	225
1:00	0.32	0.39	227	227
2:00	0.32	0.39	227	227
3:00	0.32	0.39	228	228
4:00	0.32	0.39	227	227
5:00	0.32	0.4	226	226
6:00	0.32	0.4	226	226

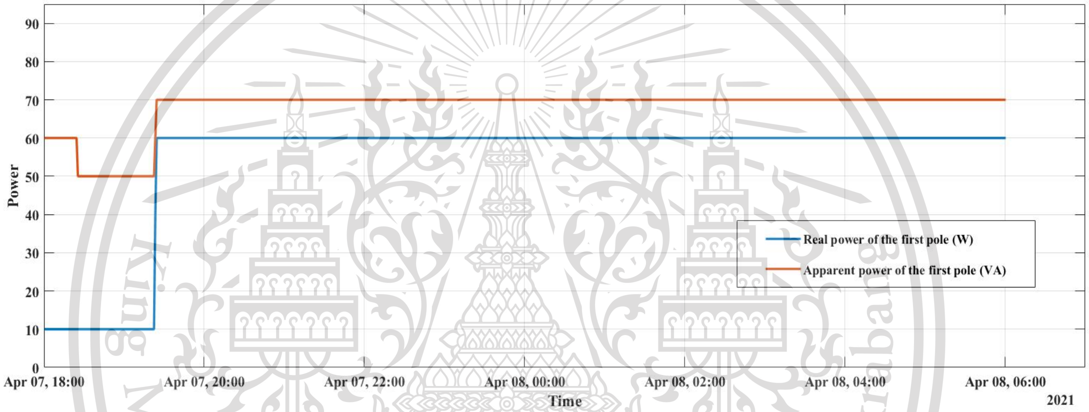
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

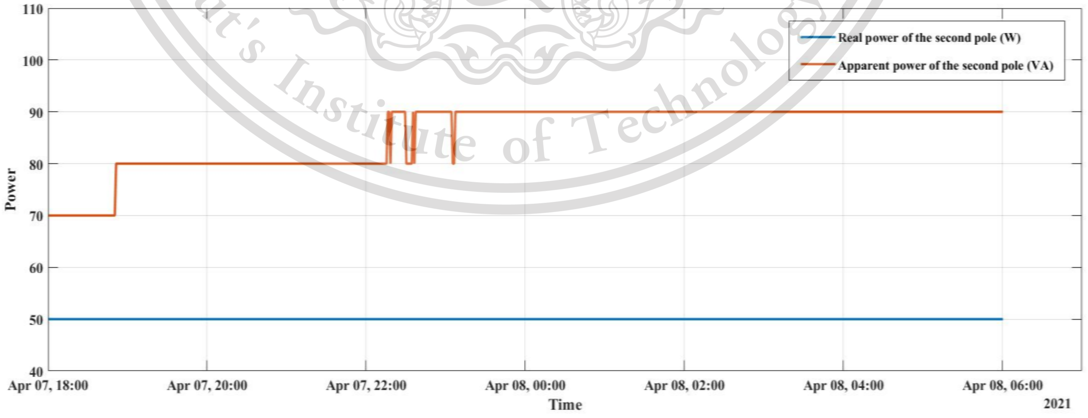
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.32 (ก) และ 4.32 (ข) เป็นกราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของเสาต้นที่หนึ่งและเสาต้นที่สอง โดยกราฟสีน้ำเงินจะแสดงค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกราฟสีส้มจะแสดงค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ จากรูปทั้งสองจะพบว่ากำลังไฟฟ้าจริงของต้นที่หนึ่งและสองจะอยู่ที่ประมาณ 60W และ 50W ตามลำดับ ซึ่งต้นที่หนึ่งจะมากกว่าต้นที่สองอยู่ประมาณ 10 W แต่ในส่วนของกำลังไฟฟ้าปรากฏต้นที่หนึ่งและสองจะอยู่ที่ประมาณ 70 VA และ 80 VA ตามลำดับ ซึ่งกำลังไฟฟ้าปรากฏนี้ต้นที่สองมีค่ามากกว่าต้นที่หนึ่ง ซึ่งประมาณ 10 VA ซึ่งสอดคล้องกับกระแสที่มากขึ้นเรื่อยๆของเสาต้นที่สอง แต่อย่างไรก็ตามหากไม่รวมช่วงที่เสาต้นที่หนึ่งมีวามผิดพลาดในตอนต้น ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ออกมานั้นมีค่าที่คงที่ ไม่มีการแกว่งแสดงถึงความเข้มแสงที่ออกมาก็จะมีความสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาที่ใช้งาน



รูปที่ 4.32(ก) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 1



รูปที่ 4.32(ข) ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลาของเสาต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.13 ค่ากำลังไฟฟ้าตลอดระยะเวลาการทดลองของเสาทั้งสองต้น

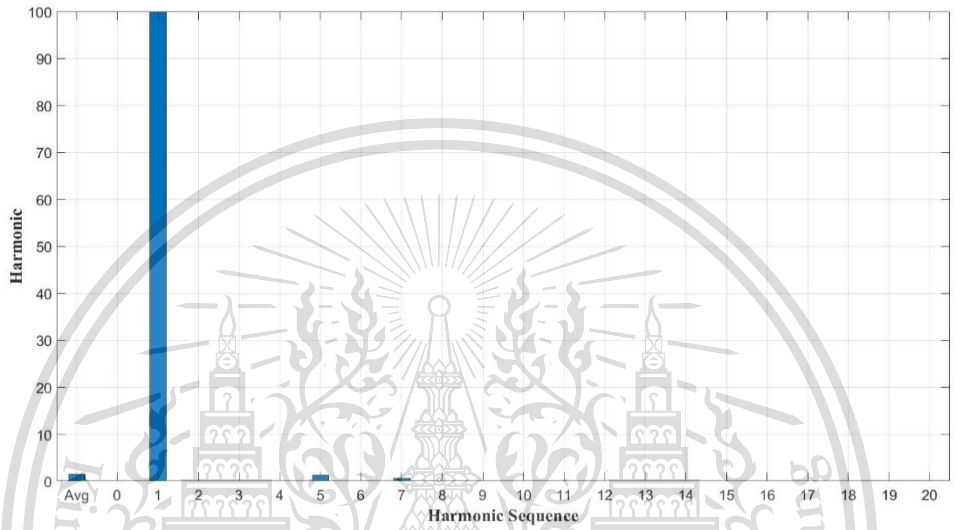
เวลา	เสาต้นที่ 1		เสาต้นที่ 2	
	ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)	ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (W)	ค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)	ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (W)
18:00	60	10	70	50
19:00	50	10	80	50
20:00	70	60	80	50
21:00	70	60	80	50
22:00	70	60	80	50
23:00	70	60	90	50
0:00	70	60	90	50
1:00	70	60	90	50
2:00	70	60	90	50
3:00	70	60	90	50
4:00	70	60	90	50
5:00	70	60	90	50
6:00	70	60	90	50

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

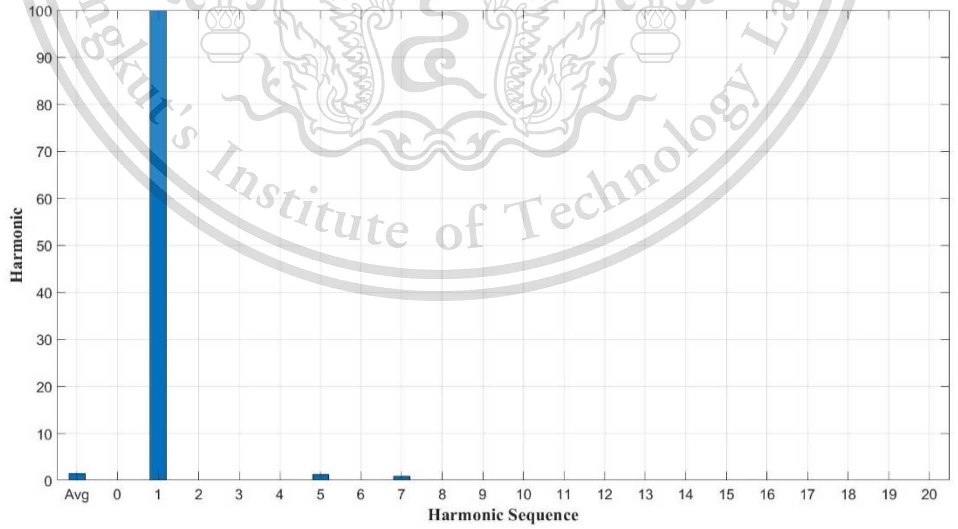
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.33 (ก) และ 4.33 (ข) เป็นรูปแสดงค่าฮาร์มอนิกส์แรงดันลำดับต่างๆของเสาทั้งสองต้น โดยทั้งสองต้นจะมีค่าที่เท่ากัน จากรูปจะพบว่ารูปกราฟแรงดันนั้นมีความผิดเพี้ยนค่อนข้างน้อยมาก สังเกตได้จากฮาร์มอนิกส์ลำดับอื่นๆที่ไม่ใช่ลำดับที่ 1 มีค่าน้อยมาก ทำให้ค่าความผิดเพี้ยนของกราฟแรงดันโดยรวมนั้นถือว่าไม่มีความผิดเพี้ยนของกราฟเลย



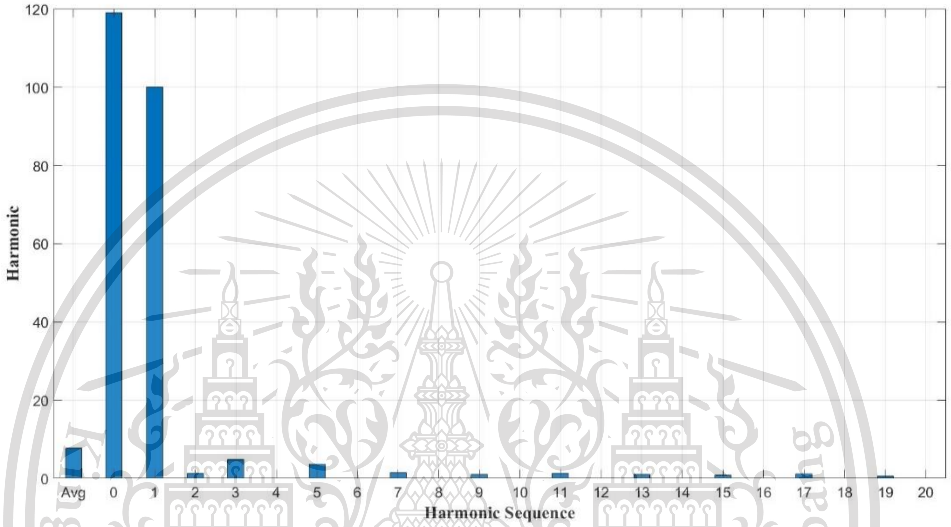
รูปที่ 4.33(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 1



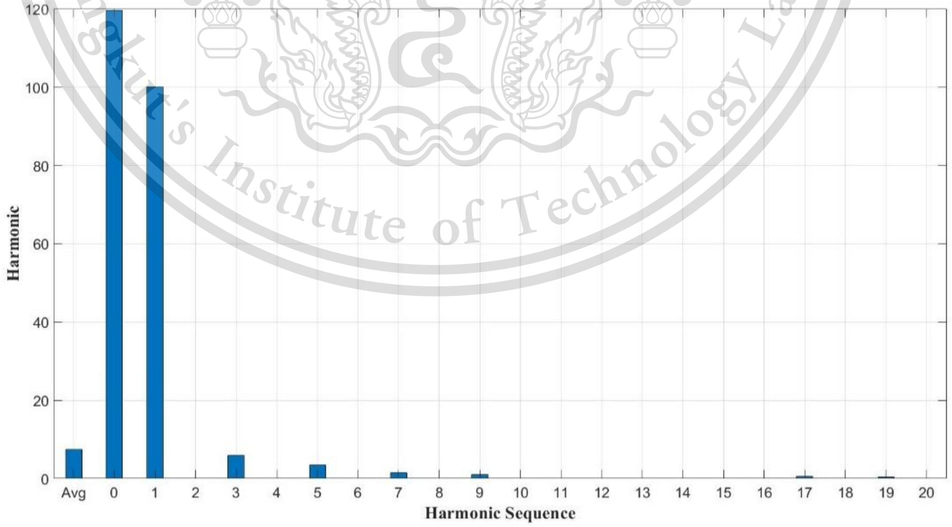
รูปที่ 4.33(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของแรงดันของเสาต้นที่ 2

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.34 (ก) และ 4.34 (ข) เป็นรูปแสดงค่าฮาร์มอนิกส์กระแสลำดับต่างๆของเสาทั้งสองต้น จากรูปจะพบว่ากราฟกระแสของเสาทั้งสองต้นนั้นจะมีความผิดเพี้ยนเพียงเล็กน้อย สังเกตได้จากค่าฮาร์มอนิกส์ลำดับที่ 3 และ 5 ที่พอจะมีค่าความผิดเพี้ยนอยู่บ้างที่ประมาณ 0-5% นอกนั้นจะพบว่าแทบไม่มีความผิดเพี้ยนเลยในฮาร์มอนิกส์ลำดับอื่นๆ จึ้งส่งผลให้ฮาร์มอนิกส์โดยรวมจึงมีค่าค่อนข้าง โดยเสาต้นที่หนึ่งและเสาต้นที่สองจะมีค่าฮาร์มอนิกส์รวมอยู่ที่ 6.53% และ 7.3% ตามลำดับ



รูปที่ 4.34(ก) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 1



รูปที่ 4.34(ข) ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสของเสาต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.3.3 การเปรียบเทียบค่าฮาร์มอนิกส์ที่ได้จากการทดลองกับค่ามาตรฐาน

จากมาตรฐานค่าจำกัดกระแสฮาร์มอนิกส์สำหรับอุปกรณ์กลุ่ม c ค่า λ ในตารางมาตรฐานจะแทนด้วย 0.857 และ 0.588 สำหรับเสาต้นที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อนำค่ามาตรฐานมาเปรียบเทียบกับค่ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่วัดได้จากการทดลองของเสาทั้งสองต้นจะได้ข้อสรุปดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ตารางเปรียบเทียบค่าฮาร์มอนิกส์กระแสจากการทดลองกับค่ามาตรฐานของเสาทั้งสองต้น

ลำดับฮาร์มอนิกส์	เสาต้นที่ 1			เสาต้นที่ 2		
	ค่ามาตรฐาน (%f)	ค่าที่วัดได้ (%f)	สถานะ	ค่ามาตรฐาน (%f)	ค่าที่วัดได้ (%f)	สถานะ
2	2	1.317	ผ่าน	2	0.225	ผ่าน
3	25.71	4.83	ผ่าน	17.64	5.908	ผ่าน
5	10	3.558	ผ่าน	10	3.484	ผ่าน
7	7	1.519	ผ่าน	7	1.389	ผ่าน
9	5	10.68	ผ่าน	5	0.898	ผ่าน
11	3	1.373	ผ่าน	3	0.498	ผ่าน
13	3	0.831	ผ่าน	3	0.215	ผ่าน
15	3	0.586	ผ่าน	3	0.356	ผ่าน
17	3	0.835	ผ่าน	3	0.75	ผ่าน
19	3	0.72	ผ่าน	3	0.64	ผ่าน

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 การศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ส่วนอื่นๆ

ในการทดลองหัวข้อนี้จะแบ่งเป็น 2 การทดลองซึ่งประกอบไปด้วย การทดสอบการอ่านค่าฝุ่น PM2.5 ด้วยเซนเซอร์วัดฝุ่นกับเซนเซอร์วัดคุณภาพอากาศ (Air quality sensor HSTL PM-2.5) และการทดลองถ่ายทอดภาพสดจากกล้องวงจรปิดไปยังแอพพลิเคชัน ในการทดลองหัวข้อนี้มีจุดประสงค์ที่จะทดสอบความถูกต้องแม่นยำของเซนเซอร์วัดฝุ่นทั้งสอง และประสิทธิภาพของกล้องวงจรปิดที่ใช้งาน

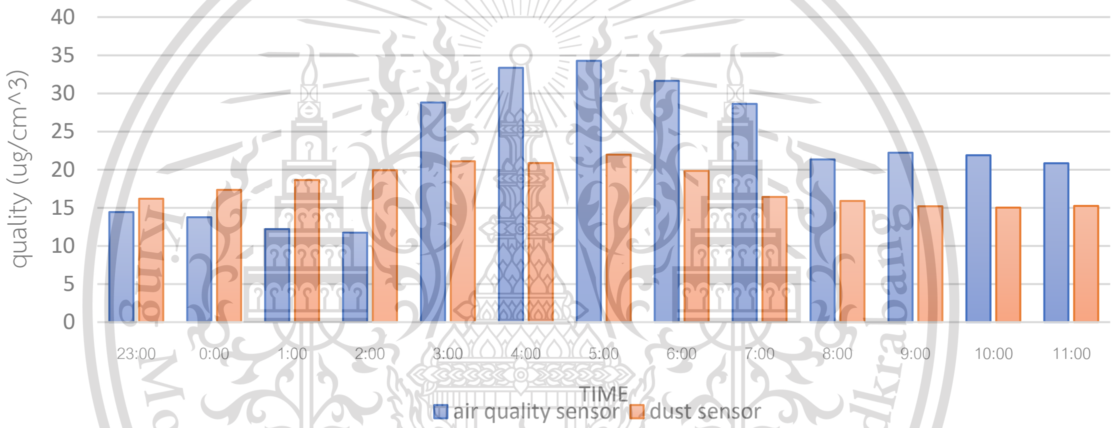
4.3.1 การทดลองตรวจจับค่าฝุ่นในอากาศ

ในการทดลองนี้จะทำการวัดค่าฝุ่นจากเซนเซอร์สองตัว เป็นเวลาครึ่งวันโดยเริ่มจาก 23.00 น. จนถึง 11.00 น. ของวันถัดไป ซึ่งจะมีการเก็บค่าทุกๆ 1 นาที จากรูปที่ 4.35 จะเป็นรูปของเซนเซอร์ทั้งสองตัวที่ทำการทดลอง โดยทางด้านซ้ายจะเป็นเซนเซอร์วัดฝุ่น PM2.5 ติดตั้งอยู่เหนือเซนเซอร์ตัวทางด้านขวาเล็กน้อย ส่วนเซนเซอร์ทางด้านขวาคือเซนเซอร์วัดคุณภาพอากาศ (Air quality sensor HSTL PM-2.5) ทั้งสองเซนเซอร์วางตำแหน่งให้ลมพัดผ่านทางด้านเดียวกัน และสูงขึ้นมาจากฐานเสาประมาณ 2.5 เมตร

รูปที่ 4.35 เซนเซอร์วัดฝุ่น PM2.5 และเซนเซอร์วัดคุณภาพอากาศ (Air quality sensor HSTL PM-2.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.36 กราฟแท่งสีน้ำเงินจะแทนค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดคุณภาพอากาศ(Air quality sensor HSTL PM-2.5) และกราฟแท่งสีส้มจะแทนค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดฝุ่น โดยกราฟจะโชว์ค่าทุกๆ 1 ชั่วโมงที่ได้จากการเฉลี่ยค่าทุกๆ 1 นาทีใน 1 ชั่วโมง ซึ่งจะเริ่มจาก 23.00 น. จนถึง 11.00 น. ของวันถัดไป จากกราฟพบว่าค่าฝุ่นที่วัดได้จาก Dust sensor มีค่าที่ใกล้เคียงกับ Air quality sensor HSTL-PM2.5 ในช่วงเวลา 23.00น.-01.00น. หลังจากช่วงเวลา 02.00น.-06.00น. ค่าที่ได้มีค่า error มากขึ้น เนื่องจากสภาพอากาศในช่วงเวลานี้มีลมแรง จุดที่เซนเซอร์วัดได้จึงมีค่าไม่เท่ากัน จากนั้นช่วงเวลา 07.00น.-11.00น. ค่าที่วัดจากเซนเซอร์ทั้งมีค่าใกล้เคียงกัน จากสภาพลมที่น้อยแล้วนิ่งจุดวัดเซนเซอร์สามารถวัดได้เต็มประสิทธิภาพ โดยรวมแล้วเซนเซอร์วัดฝุ่น Dust sensor สามารถวัดค่าฝุ่นได้ใกล้เคียงความเป็นจริงในสภาพที่มีลมพัดผ่านน้อย

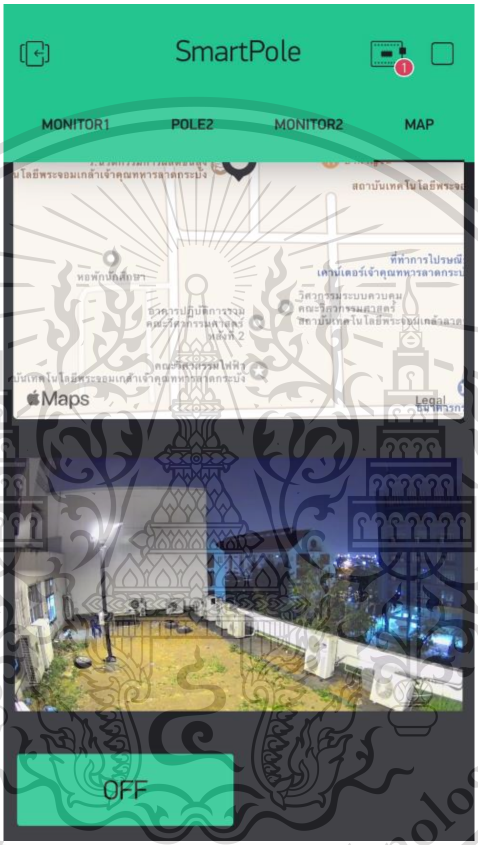


รูปที่ 4.36 ค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดฝุ่นPM2.5และเซนเซอร์วัดคุณภาพอากาศ(Air quality sensor HSTL PM-2.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.2 การทดลองระบบความปลอดภัยด้วยกล้องไอพี

การทดลองนี้จะเป็นการทดสอบการถ่ายทอดภาพสดจากกล้องวงจรปิดที่ติดอยู่มายังแอพพลิเคชัน(Blynk) โดยมีกล้องวงจรปิดที่คอยบันทึกภาพตลอดเวลาที่สามารถมองเห็นได้ทั้งกลางวันและกลางคืนตราบใดที่ยังมีสัญญาณอินเทอร์เน็ต ซึ่งในที่นี้ได้ใช้อินเทอร์เน็ตของมหาลัยเป็นตัวให้กล้องเชื่อมต่อ



รูปที่ 4.37 วีดีโอกล้องวงจรปิด บนแอพพลิเคชั่น Blynk

จากรูปที่ 4.37 จะแสดงหน้าแอพพลิเคชัน (Blynk) ที่ใช้สำหรับดูภาพถ่ายทอดสดจากกล้องวงจรปิดจากการทดสอบคุณภาพของภาพที่ได้ส่งมานั้นจะพบว่า ภาพมีความคมชัด สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน แต่จะพบว่าภาพที่ส่งมานั้นค่อนข้างดีเลย์พอสมควรอยู่ที่ประมาณ 5 วินาที เนื่องจากสถานที่ที่ติดตั้งเสานั้นห่างจากตัวเร้าเตอร์อินเทอร์เน็ตทำให้ความเร็วของอินเทอร์เน็ตนั้นช้าลง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและทดลองการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงกับเสาไฟสาธารณะที่มีการใช้งานร่วมกับอินเตอร์ในทุกสรรพสิ่ง (IOT) ในรูปแบบการทำงานต่างๆ 3 แบบ ได้แก่ การทำงานแบบอัตโนมัติ การทำงานแบบตั้งเวลาเปิด/ปิดผ่านชุดวงจรควบคุม และการเปิด/ปิดแบบไม่มีชุดวงจรควบคุม การทำงานทั้ง 3 แบบถูกนำมาเปรียบเทียบกันซึ่งจะสรุปได้ว่า การทำงานแบบอัตโนมัติซึ่งมีการใช้งานร่วมกันเซนเซอร์ต่างๆนั้น สามารถลดการใช้พลังงานได้มากกว่าการใช้งานแบบอื่นๆเล็กน้อย เนื่องจากในช่วงที่ไม่มีผู้คนสัญจรไปมานั้น สามารถลดความส่องสว่างที่มากเกินความจำเป็นได้จึงส่งผลให้พลังงานที่ใช้ก็ลดลงเช่นกัน และนอกจาการทดลองการทำงานในรูปแบบต่างๆของเสาไฟแล้ว ในโครงงานนี้ก็ยังได้ทำการทดลองการใช้งานเซนเซอร์วัดค่าฝุ่นในอากาศและกล้องวงจรปิดที่จะเข้ามาทำให้เสาไฟสาธารณะเกิดประโยชน์ต่อสังคมได้มากยิ่งขึ้น

การทดลองทั้งหมดที่ได้ทำการทดลองไปนั้น สามารถแบ่งประเด็นที่จะสรุปได้เป็น 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ ข้อสรุปทางด้านแสงสว่าง ข้อสรุปทางด้านพลังงานและข้อสรุปทางด้านประโยชน์ที่ได้จากการนำอินเตอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (IOT) เข้ามาใช้งานร่วมกับเสาไฟสาธารณะ

สำหรับข้อสรุปทางด้านแสงสว่าง จากการทดลองการทำงานในรูปแบบต่างๆ 3 รูปแบบ สามารถสรุปได้ดังนี้ สำหรับการทดลองการทำงานแบบอัตโนมัติ จากการทดลองจะพบว่าแสงบนพื้นที่ใช้งานจะมีค่าที่ค่อนข้างนิ่งที่ประมาณ 40 ลักซ์ หรือประมาณ 70% ของพิกัดการใช้งาน มีการแกว่งของค่าแสงเพียงเล็กน้อยที่เกิดจากการทำงานผิดพลาดของเซนเซอร์ซึ่งไม่ส่งผลให้เกิดแสงวูบในการใช้งานจริง สำหรับการทำงานแบบเปิด/ปิดตามเวลา ทั้งมีชุดวงจรควบคุมและไม่มีชุดวงจรควบคุม จากการทดลองจะพบว่า ทั้ง 2 รูปแบบก็จะให้ค่าความสว่างที่ใกล้เคียงกันที่ 50 ลักซ์ แต่การทดลองที่ใช้ชุดควบคุมจะมีการแกว่งมากกว่าในบางช่วงเนื่องมาจากการทำงานที่ผิดพลาดของเซนเซอร์แต่ก็ไม่ส่งผลให้เกิดแสงวูบต่อผู้ใช้งานเช่นกัน โดยรวมการทำงานทั้ง 3 รูปแบบนั้นให้ค่าความสว่างได้ตามที่ต้องการและค่อนข้างมีเสถียรภาพตลอดระยะการทดลอง

สำหรับข้อสรุปทางด้านพลังงาน จากการทดลองการทำงานในรูปแบบต่างๆ 3 รูปแบบ สามารถสรุปได้ดังนี้ สำหรับการทำงานแบบอัตโนมัติจะใช้พลังงานในการทำงานน้อยกว่าแบบอื่นๆ เล็กน้อย เนื่องจากในการทำลองไม่มีผู้สัญจร และการทำงานแบบเปิด/ปิดตามเวลาทั้งมีชุดควบคุมและไม่มีชุดควบคุมมีการใช้พลังงานในระดับที่ใกล้เคียงกันซึ่งมากกว่าแบบอัตโนมัติเล็กน้อย ซึ่งเมื่อเทียบกันเป็นเปอร์เซ็นต์นั้น การทำงานในรูปแบบอัตโนมัติจะมีการประหยัดพลังงานได้มากกว่าการทำงานรูปแบบอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประมาณ 14.28% แต่อย่างไรก็ตามการทำงานร่วมกับชุดควบคุมนั้นจะส่งผลให้เกิดค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์ขึ้นในกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะมีค่าความผิดเพี้ยนอยู่ที่ช่วง 36-46% แต่ในขณะที่การเปิด/ปิดแบบไม่มีชุดควบคุมจะมีความผิดเพี้ยนอยู่ในช่วง 6-8% เท่านั้น

ในส่วนของข้อสรุปทางด้านประโยชน์ของการนำอินเตอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (IOT) เข้ามาร่วมใช้งาน จากการทดลองวัดค่าฝุ่นในอากาศด้วยเซนเซอร์วัดฝุ่นและแสดงค่าบนแพลตฟอร์มแบบเรียลไทม์นั้น จะพบว่ามีความสะดวกต่อผู้ใช้งานมากขึ้นอีกทั้งยังสามารถเก็บค่าที่ได้จากการวัดได้และในการทดลองนี้ก็พิสูจน์แล้วว่าเซนเซอร์ที่นำมาใช้งานนั้นมีค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ในส่วนของการทดลองถ่ายทอดภาพสดด้วยกล้องวงจรปิดนั้น ภาพที่ได้มีความคมชัด ซึ่งสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อื่นๆได้ ถึงแม้จะมีการดีเลย์เล็กน้อยซึ่งเกิดจากความเร็วของอินเตอร์เน็ตที่ไม่เพียงพอแต่ก็สามารถปรับปรุงภายหลังได้

โดยสรุปรวมจากการทดลองใช้งานและการทดลองศึกษาในด้านต่างๆจะพบว่า การพัฒนาเสาไฟสาธารณะร่วมกับเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (IOT) นั้นก่อให้เกิดประโยชน์กับทุกฝ่ายทั้งผู้ใช้งานหรือผู้ควบคุมเสาไฟสาธารณะ ในด้านของผู้ใช้งานก็จะได้ใช้งานพื้นที่สาธารณะด้วยความสว่างที่เหมาะสมมากขึ้นและมีเสถียรภาพของแสงสว่างที่ดี รวมถึงได้รับความมั่นใจในเรื่องของความปลอดภัยมากขึ้นจากการติดกล้องวงจรปิดที่เสาไฟและประโยชน์ที่อื่นๆที่จะได้รับจากอุปกรณ์ที่สามารถพัฒนาต่อยอดกับเสาไฟได้ ในด้านของผู้ควบคุมก็จะสามารถประหยัดพลังงานในการทำงานได้มากขึ้นรวมถึงมีความสะดวกสบายมากขึ้นในการควบคุมเสาไฟในรูปแบบต่างๆ รวมถึงการแสดงค่าและเก็บค่าต่างๆผ่านทางแพลตฟอร์มก็ทำได้สะดวกขึ้นเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามเสาไฟที่พัฒนาขึ้นนี้ก็จะต้องแลกมากับคุณภาพทางไฟฟ้าที่แย่ลง

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

1. เนื่องจากไมโครเวฟเซนเซอร์มีความไวต่อสภาพแวดล้อมมากจึงทำให้ค่าจากการทดลองพุ่งขึ้นมาบางจังหวะทั้งที่ไม่มีผู้สัญจร

2. ในการทดลองการทำงานแบบเปิด/ปิดทั้งที่มีชุดควบคุมและไม่มี เครื่องมือวัดกระแสไม่ได้ถูกตั้งค่าศูนย์อย่างถูกต้อง ทำให้ค่ากระแสออกมาผิดพลาดเล็กน้อย ซึ่งส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าผิดพลาดตาม

3. ในการวัดค่าความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งานของเสาทั้ง 2 ต้น ใช้ความยาวสายจากเซนเซอร์ไม่เท่ากัน สายไฟที่ยาวกว่าทำให้แรงดันที่เซนเซอร์ส่งมาน้อยกว่าและแกว่งมากกว่า เมื่อคำนวณออกมาเป็นค่าความเข้มแสงจึงทำให้เห็นถึงความต่างได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4. ในการวัดค่าความเข้มแสงจะได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม ทำให้ค่าแสงที่ได้ของช่วงเวลาเดียวกันในแต่ละวันมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้ารวมที่วัดได้ในแต่ครั้งไม่ได้ขึ้นอยู่กับประเภทของการควบคุมแต่ว่ามีผลกระทบจากสภาพแวดล้อมด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะดังกล่าว ยังมีข้อบกพร่องที่ยังสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อได้ในอนาคต โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อุปกรณ์ต่างๆ ของวงจรควบคุมนั้นไม่ได้มีมาตรฐานในระดับอุตสาหกรรมทำให้ในบางครั้งค่าที่เซนเซอร์ต่างๆ อ่านได้อาจจะเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงควรใช้อุปกรณ์ที่มีมาตรฐานสูงขึ้นเพื่อลดความผิดพลาดและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับวงจรควบคุมได้

2. ไม่ควรติดตั้งเสาไฟเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะในบริเวณที่มีคนสัญจรพลุกพล่านจำนวนมากเกินไป จะทำให้เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวตรวจพบความเคลื่อนไหวตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้วงจรควบคุมมีการสั่งการทำงานให้หลอดไฟมีระดับความเข้มแสงสูงสุดตลอดเวลา เปรียบเสมือนเสาไฟสาธารณะที่ไม่การติดตั้งวงจรควบคุม

3. ความสามารถเพิ่มเติมของเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะที่มีการนำเอาค่าที่ได้จากการวัดมาประยุกต์ใช้เพิ่มเติม เช่น การนำเอาค่าฝุ่น pm2.5 ที่ได้มาควบคุมการทำงานของเครื่องดักจับฝุ่นเพื่อลดปริมาณของฝุ่นที่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

[1] วิทยาลัยการอาชีพเทิง. 2557. การติดตั้งและควบคุมไฟถนน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tice.ac.th/Online/Online2-2547/Pongsiri/MISSION5.htm. 20 ธันวาคม 2557

[2] กรมทางหลวง. 2554 . ข้อกำหนดและมาตรฐานทั่วไปงานติดตั้งแสงสว่างบนทางหลวง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://ooh5.go.th/CA/CA09.pdf. 25 ธันวาคม 2557

[3] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(กฟภ.). 2555. โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโคมไฟถนน ประเทศไทย. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://goo.gl/gTbDkQ. 1 มกราคม 2558

[4] ศาสตราจารย์ดร. สาโรช บัวศรี. 2557. สรุปและสัมมนาและอภิปรายเชิงวิชาการ เรื่อง ไฟถนน LED. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tieathai.org/news/2014/job%202%20LED.pdf. 17 เมษายน 2558

[5] **Kar, A.,** “New generation illumination engineering-an overview of recent trends in science & technology,” **First International Conference on Automation, Control, Energy and Systems (ACES), 2014**, pp. 1 – 6.

[6] Cheng-Hung Tsai, Ying-Wen Bai, Chun-An Chu, Chih-Yu Chung and Ming-Bo Lin, “PIR-sensor-based Lighting Device with Ultra-low Standby Power Consumption,” Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2011, pp.1-6.

[7] **Urfaliglu, O., Soyer, E.B., Toreyin, B.U.** and **Cetin, A.E.,** “PIR-sensor based human motion event classification,” **IEEE 16th Signal Processing, Communication and Applications Conference, 2008,** pp. 1-4.

[8] Shih-Chang Hsia, Sheng-Yueh Lai and Jyun-Jia Ciou, “HIGH-POWER LED DIMMING DRIVER WITH MULTI-LEVEL CURRENT FOR SMART STREET LIGHTING SYSTEM,” 22nd ITC Specialist Seminar on Energy Efficient and Green Networking (SSEEGN), 2013, pp. 56-60.

[9] Jin-Sung Park and Chang-Su Huh, “A Study on Improved Efficiency and Cooling LED Lighting using a Seebeck Effect,” IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy ,2012 , pp. 1-3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[10] Tai-Ping Sun and Chia-Hung Wang, "Specially Designed Driver Circuits to Stabilize LED Light Output Without a Photodetector," IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 27, NO. 9, 2012, pp. 4140 – 4152.

[11] Badamasi, Y.A., "The Working Principle Of An Arduino," 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2014, pp. 1 – 4.

[12] Galadima, A.A., "Arduino as a learning tool," 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2014, pp. 1 – 4.

[13] **Baggini, A., Granziero, M., Bua, F.** and **Cappellari, M.,** "Characterisation of CSS supplied emergency lighting equipment Charachterization of most common emergency lighting sources behaviour in terms of inrush current," **9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, 2007,** pp. 1 – 5.

[14] **Pinto, R.A., Cosetin, M.R., Cervi, M., Campos, A.** and **do Prado, R.N.,** "Emergency lighting system integrated into a compact high-brightness LED lamp," **COBEP '09. Brazilian Power Electronics Conference, 2009,** pp. 593 – 597.

[15] **Chao-Lun Mai** and **Jean-Fu Kiang,** "Free-floating GPS sensor network for tsunami detection," **APSURSI '09. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2009,** pp. 1 – 4.

[16] Deviren, M.N., Arikan, F. and Arikan, O., "AUTOMATIC REGIONAL MAPPING OF TOTAL ELECTRON CONTENT USING A GPS SENSOR NETWORK AND ISOTROPIC UNIVERSAL KRIGING,' 16th International Conference on Information Fusion (FUSION), 2013, pp. 1664 – 1669.

[17] Intelilight. Intelligent street light. On-line. Available from internet, http://intelilight.eu/intelligent-street-lighting-control/ accessed 17 May 2015.

[18] Theguardian. Illuminationating cities with sustainable smart lighting systems. Online. Available from internet, http://www.theguardian.com/sustainablebusiness/sustainable-smart-lighting-systems-cities accessed 25 December 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[19] **Ali, M., Orabi, M., Abdelkarim, E., Qahouq, J.A.A.** and **Aroudi, A.E.,** "Design and development of energy-free solar street LED light system," **IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies - Middle East (ISGT Middle East), 2011,** pp. 1 – 7.

[20] WU Yue, SHI Changhong, ZHANG Xianghong and YANG Wei, "Design of New Intelligent Street Light Control System," 2010 8th IEEE International Conference on Control and Automation Xiamen, China, June 9-11, 2010, pp. 1423 – 1427.

[21] Designboom. Tvilight smart street lights. On-line. Available from internet, http://www.designboom.com/technology/tvilight-smart-streetlights/ accessed 25 December 2014.

[22] **Ramadhani, F., Bakar, K.A.** and **Shafer, M.G.,** "Optimization of standalone street light system with consideration of lighting control," **International Conference on Technological Advances in Electrical, Electronics and Computer Engineering (TAEECE), 2013,** pp. 583 – 588.

[23] **Xingming Long** and **Jing Zhou,** "An intelligent driver for Light Emitting Diode Street Lighting," **World Automation Congress, 2008,** pp. 1 – 5.

[24] **Mendalka, M., Gadaj, M., Kulas, L.** and **Nyka, K.,** "WSN for intelligent street lighting system," **2nd International Conference on Information Technology (ICIT), 2010,** pp. 99-100.

[25] รศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล, ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน, และ ผศ.ชายชาญ โพธิสาร, *การประหยัดพลังงานและฮาร์มอนิกส์สำหรับหลอดไฟฟ้าภายในอาคาร*, กรุงเทพฯ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก

บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การออกแบบและพัฒนาระบบเสาไฟสาธารณะสำหรับเมืองอัจฉริยะ

DESIGN AND DEVELOPMENT SMART PUBLIC LIGHTING FOR SMART CITY

ศิราวุฒิ ฤทธิรณ ศุภณัฐ ไผ่เทียนชัย ศุภณัฐ สุขนิรันดร์ และ สารัช สมิตินนท์
1 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: prasopchok_ho@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาระบบเสาไฟสาธารณะสำหรับเมืองอัจฉริยะ โดยทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะโดยเลือกใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้เซนเซอร์วัดค่าความเข้มแสงในพื้นที่เพื่อควบคุมการเปิดปิดและระดับความเข้มแสงให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในขณะที่ใช้ รวมทั้งมีการใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นเพื่อปรับความเข้มแสงขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นและส่งสัญญาณไปยังเสาไฟใกล้เคียงเพื่อปรับความเข้มแสงขึ้นด้วยเพื่อทำให้เกิดความสม่ำเสมอของแสงและลดการเกิดพื้นที่มืดสว่างอีกด้วย ซึ่งการใช้อุปกรณ์ควบคุมนี้จะช่วยในการประหยัดการใช้พลังงานได้มากขึ้น ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์แสงสว่าง รวมทั้งเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะยังมีการติดตั้งเซนเซอร์ที่จะวัดค่าการใช้พลังงานของเสาไฟ เซนเซอร์วัดค่าค่าปริมาณฝุ่นในอากาศ และกล้องวงจรปิด แล้วส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ควบคุมที่เชื่อมต่อกับแอพพลิเคชั่นบลิ้งค์เพื่อติดตามการใช้พลังงานของเสาไฟ ตรวจสอบสภาพแวดล้อมและเพิ่มความปลอดภัยได้อีกด้วย แล้วทำการเปรียบเทียบการทำงานกับเสาไฟสาธารณะที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมทั้งด้านความสว่าง การใช้พลังงาน และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ควบคุม

คำสำคัญ: ความเข้มแสง, เซนเซอร์, กล้องวงจรปิด, แอพพลิเคชั่นบลิ้งค์

Abstract

This project presents the development in public lighting designed for a smart city. LED technology becomes a part of this project and associate with a controller. To adjust the light intensity on the working plane at an appropriate level, a light intensity sensor is used to measure ambient light intensity during the operation. In addition, detecting human movement by microwave sensor is in cooperation with light intensity sensor. After human movement is detected, light intensity from the pole will be elevated and neighbor poles will be receiving this movement signal as well as increase their light intensity to maintain uniformity of brightness on the working plane. Using the controller also reduces energy consumption and extends the lifetime of the LED bulb. The other devices used in this project is energy measurement sensor, dust intensity sensor, and IP camera which are used to track energy consumption, examine the quality of the environment, and improve safety level in a public area, respectively. The controller receives the data from these devices and transmits data via the internet to the IoT platform server (Blynk). Every task can be done by accessing to Blynk application. And comparing between the pole with and without the controller in three aspects which consist of lighting, energy consumption, and effect from the controller.

Keywords: Light Intensity, Sensor, IP Camera, Application Blynk

1. บทนำ

ในปัจจุบันไฟสาธารณะนั้นมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของประชาชนกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตและการขยายตัวของเมือง ระบบไฟสาธารณะจึงมีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างพื้นฐาน ความปลอดภัยในการสัญจรของผู้คนในระแวกนั้น ชีวิตความเป็นอยู่ของผู้คนในระแวก และสถานที่ท่องเที่ยวในเมือง จากระบบไฟสาธารณะส่องสว่างแบบเดิมที่ใช้กันในส่วนของสาธารณะทั่วไป ได้มีการออกแบบให้มีวงจรที่สามารถทำงานได้เองอัตโนมัติโดยนำระบบไอโอที (Internet of things) ร่วมกับรีเลย์[1][2] อีกทั้งในส่วนของหลอดไฟของเดิมเป็นแบบหลอดแสงจันทร์ แม้จะให้ความสว่างที่เพียงพอแต่กลับสิ้นเปลืองพลังงานจึงมีงานวิจัยที่นำเอาหลอดไดโอดเปล่งแสงมาทดแทนเพื่อช่วยลดการประหยัดพลังงานในส่วนนี้[3][4] จึงได้มีการคิดไฟสาธารณะอัจฉริยะเพื่อวางรากฐานการทำงานของไฟสาธารณะให้เปลี่ยนแปลงตามที่ผู้คนสัญจรไปมา การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเนื่องจากการควบคุมแสงขึ้นอยู่กับการ

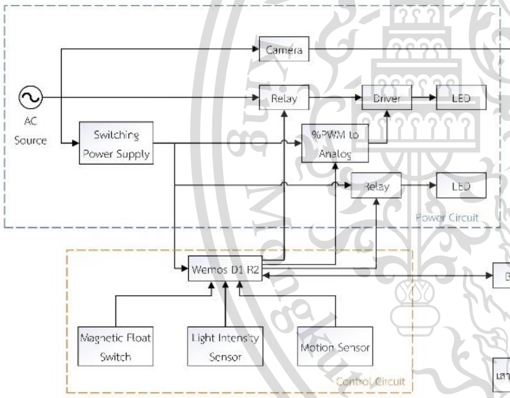
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและการทำงานของตัวตรวจจับ โดยระบบจะมีตัวตรวจจับรับรู้การควบคุมแสงอัตโนมัติซึ่งอาจทำหน้าที่ตามจริงจากระดับความเข้มของแสงซึ่งอยู่บนการควบคุมพื้นฐานและการควบคุมแสงแบบอัจฉริยะ ซึ่งได้มีการออกแบบให้มีฟังก์ชันอัตโนมัติ การออกแบบควบคุมไฟสาธารณะอัจฉริยะไม่เพียงแต่ช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้มากขึ้นเท่านั้น อีกทั้งยังยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์แสงสว่าง นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมความสะดวกในการบำรุงรักษา[5] แม้กระทั่งยังมีโอกาสที่จะลดอาชญากรรมเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน

โดยโครงงานนี้จะทำการทดลองเปรียบเทียบเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะกับเสาไฟสาธารณะที่ไม่ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม เพื่อศึกษาแนวโน้มการใช้พลังงานในเสาแต่ละแบบ และวิเคราะห์ว่าควรทำอย่างไร จึงจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน

2. การออกแบบและสร้างวงจร

2.1 โครงสร้างการทำงานของเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะ



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมทำงานของเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะ

2.2 วงจรควบคุมแสงสว่าง

หลักการควบคุมระดับความเข้มแสงที่ดวงโคม จะใช้หลักการหรี่ไฟแบบ 1-10 โวลต์ โดยการจ่ายแรงดันตั้งแต่ 1-10 โวลต์ให้กับไดร์เวอร์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งระดับแรงดันจะแปรผันตรงกับระดับความสว่าง โดยที่บอร์ดควบคุมจะใช้ข้อมูลค่าความเข้มแสง การเคลื่อนไหวภายในบริเวณเสาตนเอง และเสาใกล้เคียง ในการประมวลผลว่าระดับแสงที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและสถานการณ์ขณะนั้น รวมทั้งในส่วนของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ฐานเสาจะใช้สวิตช์ลูกลอยในการตรวจสอบน้ำท่วมแล้วส่งสัญญาณไปยังบอร์ดดควบคุมเพื่อควบคุมการเปิดปิดของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ฐานเสา

2.2 วงจรติดตามการใช้พลังงานและตรวจสอบสภาพแวดล้อม

วงจรติดตามการใช้พลังงานจะรับสัญญาณขาเข้ามาจากเซนเซอร์เพื่อประมวลผลแล้วจัดเก็บข้อมูลใส่พารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ แรงดัน กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าจริง ความถี่ และ ค่าตัวประกอบกำลัง และ ในส่วนของสภาพแวดล้อมที่มีการวัดค่าปริมาณฝุ่นในอากาศเซนเซอร์จะทำการส่งสัญญาณระดับแรงดันไปยังบอร์ดควบคุมเพื่อประมวลผลค่าปริมาณฝุ่นที่วัดได้จากระดับแรงดันที่ส่งเข้ามา

2.3 การสื่อสารระหว่างเสาและแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์

การสื่อสารระหว่างเสาจะใช้แอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์เป็นสื่อกลางในการรับส่งข้อมูลการเคลื่อนไหวของแต่ละเสาเพื่อปรับระดับความสว่างขึ้นให้เหมาะสมก่อนที่จะมีคนเดินไปยังเสาต้นถัดไป และแอพพลิเคชั่นบลิ๊งค์ยังสามารถใช้ในการควบคุมการทำงานของเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะแต่ละต้น รวมทั้งยังมีการรับข้อมูลสถานะการทำงาน การใช้พลังงาน ปริมาณฝุ่นในอากาศ และ สัญญาณภาพจากกล้องวงจรปิด เพื่อแสดงผลผ่านทางแอพพลิเคชั่นได้อีกด้วย

2.4 วงจรกำลัง

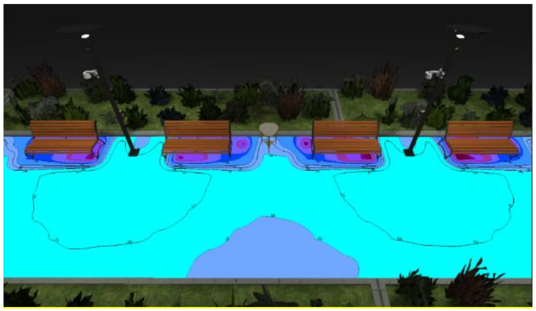
วงจรกำลังจะรับไฟ 220 โวลต์มาเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของไฟ 220 โวลต์ที่จะจ่ายให้กับไดร์เวอร์ของหลอดไดโอดเปล่งแสงโดยมีการใช้รีเลย์ 220 โวลต์ในการควบคุมการเปิดปิด และส่วนของพาวเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์ที่จะแปลงไฟจากกระแสสลับ 220 โวลต์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์แล้วจ่ายให้กับวงจรควบคุม กล้องวงจรปิด และ หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ฐานเสาโดยมีรีเลย์ 12 โวลต์ในการควบคุมการเปิดปิด

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เป็นการจำลองเสาไฟสาธารณะด้วยโปรแกรม DIAlux โดยกำหนดให้ระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 7 เมตร พบว่าค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 29.7 ลักซ์, ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณใต้โคมเท่ากับ 50 ลักซ์ และค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบริเวณระหว่างเสาเท่ากับ 32 ลักซ์ ซึ่งค่าที่ได้นั้นมีความเข้มแสงที่เพียงพอตามมาตรฐาน อีกทั้งจะสังเกตจากรูปที่ 1 ได้ว่าแสงที่แสดงบนพื้นถนนนั้นเป็นแสงที่สมดุลกันตลอดทั้งความยาวถนน เนื่องจากค่าความสม่ำเสมอของแสงเท่ากับ 0.6 ซึ่งเป็นค่าที่เพียงพอต่อการใช้งานจริง จึงทำให้ในการออกแบบระยะห่างระหว่างเสาในกรณีนี้เหมาะสมสำหรับการใช้งานจริง

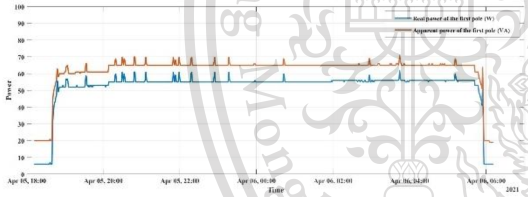
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



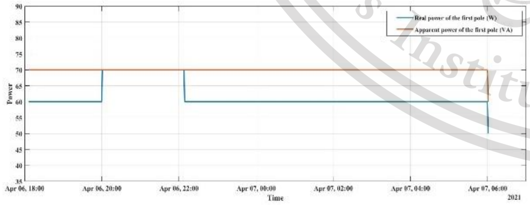
รูปที่ 2 สภาพแสงจำลองในบริเวณโดยรอบเสา และผลการจำลองค่าความเข้มแสงที่แสดงบนทางเดินสวนสาธารณะ กรณีระยะห่างระหว่างเสาอยู่ที่ 7 เมตร

3.2 การศึกษาด้านพลังงาน

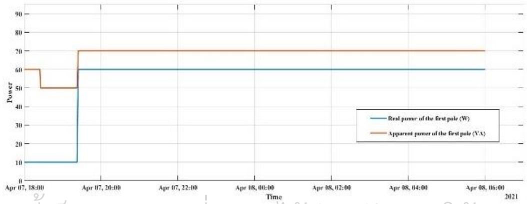
ในการศึกษาทางด้านการใช้พลังงานจะทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างเสาที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม กับเสาที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ควบบคุมทั้งกรณีอัตโนมัติ และกรณีตั้งเวลาเปิด/ปิด เพื่อเปรียบค่าความเข้มแสง, กระแสไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้าจริง, ตัวประกอบกำลัง และ ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์ โดยเปรียบเทียบในช่วงระยะเวลาเดียวกันและทำการวิเคราะห์ผลได้จากการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมให้กับเสาไฟสาธารณะโดยสามารถแสดงทางภาพรวมโดยใช้รูปสัญญาณกำลังไฟฟ้าจริง, กำลังไฟฟ้าเสมือน และค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกส์ได้ดังนี้



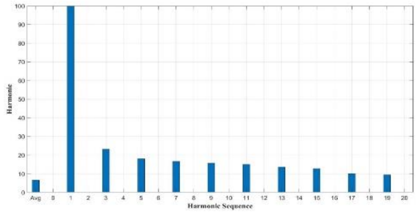
รูปที่ 3 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลากรณีทำงานแบบอัตโนมัติ



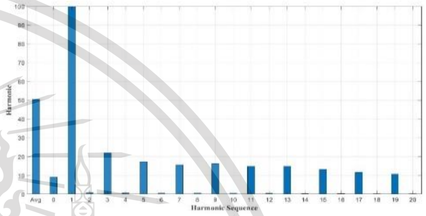
รูปที่ 4 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลากรณีทำงานแบบกำหนดเวลาเปิด/ปิด



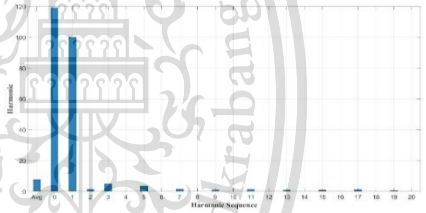
รูปที่ 5 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าปรากฏเทียบกับเวลากรณีทำงานแบบไม่มีการควบคุม



รูปที่ 6 ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสกรณีทำงานแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 7 ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสกรณีทำงานแบบกำหนดเวลาเปิด/ปิด



รูปที่ 8 ค่าความผิดเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมและลำดับต่างๆของกระแสกรณีทำงานแบบไม่การควบคุม

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

การทดลองทั้งหมดที่ได้ทำการทดลองการทำงานทั้ง 3 รูปแบบได้การการทำงานอัตโนมัติ, การตั้งเวลาเปิด/ปิด และการทำงานแบบไม่มีการควบคุมนั้น สามารถจะสรุปได้ว่า ทางด้านแสงสว่าง การทำงานแบบอัตโนมัติพบว่าแสงบนพื้นที่ใช้งานจะมีค่าที่ค่อนข้างนิ่งที่ประมาณ 40 ลักซ์ หรือประมาณ 70% ของพิกัดการใช้งาน มีการแกว่งของค่าแสงเพียงเล็กน้อยที่เกิดจากการทำงานผิดพลาดของเซนเซอร์ซึ่งไม่ส่งผลให้เกิดแสงวูบในการใช้งานจริง สำหรับการทำงานแบบเปิด/ปิดตามเวลา ทั้งมีชุดวงจรควบคุมและไม่มีชุดวงจรควบคุม จากการทดลองจะพบว่า ทั้ง 2 รูปแบบก็จะให้ค่าความสว่างที่ใกล้เคียงกันที่ 50 ลักซ์ ซึ่งการทำงานทั้ง 3 รูปแบบนั้นให้ค่าความสว่างได้ตามที่ต้องการและค่อนข้างมีเสถียรภาพตลอดระยะการทดลอง ซึ่งการทำงานแบบอัตโนมัติจะใช้พลังงานในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

น้อยกว่าแบบอื่นๆเล็กน้อย เนื่องจากในการทำลองไม่มีผู้สัญจร และการทำงานแบบเปิด/ปิดตามเวลาทั้งมีชุดควบคุมและไม่มีชุดควบคุมมีการใช้พลังงานในระดับที่ใกล้เคียงกันซึ่งมากกว่าแบบอัตโนมัติเล็กน้อย ซึ่งเมื่อเทียบกันเป็นเปอร์เซ็นต์นั้น การทำรูปแบบอัตโนมัติจะประหยัดพลังงานได้มากกว่าการทำงานรูปแบบอื่นประมาณ 14.28% แต่อย่างไรก็ตามการทำงานร่วมกับชุดควบคุมนั้นจะส่งผลให้เกิดค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์ขึ้นในกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะมีค่าความผิดเพี้ยนอยู่ที่ช่วง 36-46% แต่ในขณะที่การเปิด/ปิดแบบไม่มีชุดควบคุมจะมีความผิดเพี้ยนอยู่ในช่วง 6-8% เท่านั้น และในส่วนของของการนำอินเตอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (IOT) เข้ามาร่วมใช้งาน พบว่าการวัดค่าฝุ่นในอากาศด้วยเซนเซอร์วัดฝุ่นและแสดงค่าบนแพลตฟอร์มแบบเรียลไทม์นั้น จะมีความสะดวกต่อผู้ใช้งานมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถเก็บค่าที่ได้จากการวัดได้และในการทดลองนี้ก็พิสูจน์แล้วว่าเซนเซอร์ที่นำมาใช้งานนั้นมีค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ในส่วนของการทดลองถ่ายทอดภาพสดด้วยกล้องวงจรปิดนั้น ภาพที่ได้มีความคมชัด ซึ่งสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อื่นๆได้ ถึงแม้จะมีการดีเลย์เล็กน้อยซึ่งเกิดจากความเร็วของอินเตอร์เน็ตที่ไม่เพียงพอแต่ก็สามารถปรับปรุงภายหลังได้ โดยที่โครงงายังมีข้อบกพร่องที่ยังสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อได้ในอนาคต โดยควรใช้อุปกรณ์ที่มีมาตรฐานสูงขึ้นเพื่อลดความผิดพลาดและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับวงจรควบคุม และไม่ควรติดตั้งเสาไฟเสาไฟสาธารณะอัจฉริยะในบริเวณที่มีคนสัญจรพลุกพล่านจำนวนมากเกินไป จะทำให้เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวตรวจพบความเคลื่อนไหวตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้วงจรควบคุมมีการสั่งการทำงานให้หลอดไฟมีระดับความเข้มแสงสูงสุดตลอดเวลา เปรียบเสมือนเสาไฟสาธารณะที่ไม่การติดตั้งวงจรควบคุม รวมทั้งยังสามารถนำเอาค่าที่ได้จากการวัดมาประยุกต์ใช้เพิ่มเติม เช่น การนำเอาค่าฝุ่น pm2.5 ที่ได้มาควบคุมการทำงานของเครื่องดักจับฝุ่นเพื่อลดปริมาณของฝุ่นที่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

[1]วิทยาลัยการอาชีพเทิง. 2557. การติดตั้งและควบคุมไฟถนน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tice.ac.th/Online/Online2-2547/Pongsiri/MISSION5.htm. 20 ธันวาคม 2557

[2] กรมทางหลวง. 2554 . ข้อกำหนดและมาตรฐานทั่วไปงานติดตั้งแสงสว่างบนทางหลวง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://ooh5.go.th/CA/CA09.pdf. 25 ธันวาคม 2557

[3] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(กฟภ.). 2555. โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโคมไฟ ถนน ประเทศไทย. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://goo.gl/gTbDkQ. 1 มกราคม 2558

[4] ศาสตราจารย์ดร. สาโรช บัวศรี. 2557. สรุปและสัมมนาและอภิปรายเชิงวิชาการ เรื่อง ไฟถนน LED. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tieathai.org/news/2014/job%202%20LED.pdf. 17 เมษายน 2558

[5] **Kar, A.,** "New generation illumination engineering-an overview of recent trends in science & technology," **First International Conference on Automation, Control, Energy and Systems (ACES), 2014**, pp. 1 – 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ข.
ข้อมูลอุปกรณ์

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Description

WeMos - D1 R2 WiFi ESP8266 Development Board is programmable via Arduino IDE. This is an ESP8266 based WiFi enabled microprocessor unit on a Arduino-UNO footprint. That means the board looks and works (in most cases) like an UNO. Several shields, sensors and output devices that are manufactured for the Arduino platform will work on the WeMos-D1R2 with the added advantage of builtin WiFi.

Features of Wemos D1 R2 Wifi - Esp8266

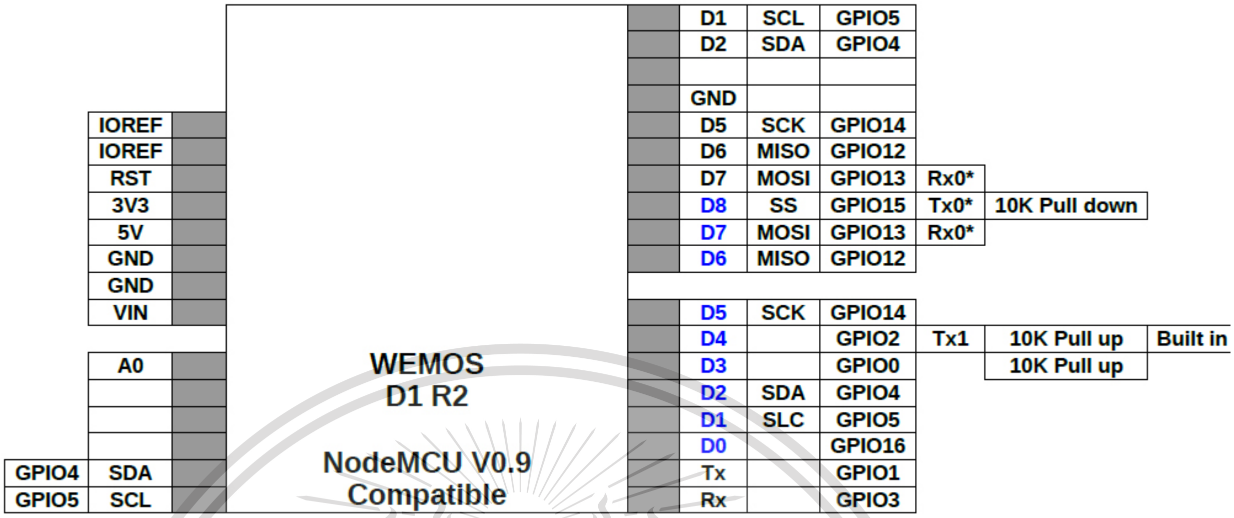
- The D1 R2 is a mini wifi board based on ESP-8266EX
- 11 digital input/output pins, all pins have interrupt/pwm/I2C/one-wire supported (except D0)
- 1 analog input (3.3V max input)
- A Micro USB connection
- A power jack, 9-24V power input
- Compatible with Arduino
- Compatible with nodemcu

Specifications

- **Microcontroller**: ESP8266EX
- **Operating Voltage**: 3.3V
- **Digital I/O Pins**: 11 (all I/O pins have interrupt/pwm/I2C/one-wire capability, except for D0)
- **Analog Input Pins**: 1
- **Flash Memory**: 4MB
- **On-Board Switching Power Supply**:
    - **Input Voltage Range**: 9V to 12V
    - **Output**: 5V at 1A Max
- **Board Dimensions**: 68.6mm x 53.4mm (2.701" x 2.102") / Long x Wide
- **Weight**: 21.8g (0.769oz)

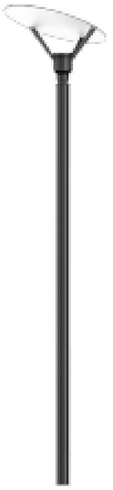
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

PIN Connections (Top view)



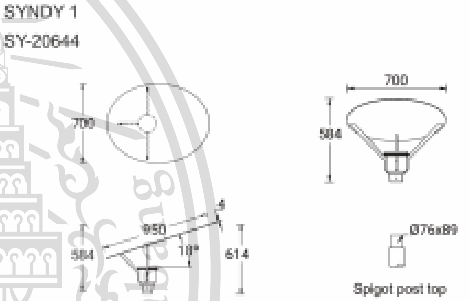
Board Pin	Function	ESP8266 Pin
TX	TXD	TXD
RX	RXD	RXD
A0	Analog input	A0
D0	I/O	GPIO16
D1	I/O, SCL	GPIO5
D2	I/O, SDA	GPIO4
D3	I/O, 10k pull-up	GPIO0
D4	I/O, 10k pull-up, BUILTIN_LED	GPIO2
D5	I/O, SCK	GPIO14
D6	I/O, MISO	GPIO12
D7	I/O, MOSI	GPIO13
D8	I/O, 10k pull-down, SS	GPIO15
GND	Ground	GND
5V	5V	
3V3	3.3V	3.3V
RST	Reset	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



<u>โครงสร้างโคมไฟ</u>

- โครงสร้างดวงโคมอะลูมิเนียมหล่อขึ้นรูป
- เคลือบด้วยผงฝุ่นเพื่อให้มีความทนทานต่อการ กัดกร่อนสูง
- โครงสร้างตัวเสาอัดขึ้นรูป
- ตัวยึดสแตนเลสเกรด 316
- ปะเก็นยางซิลิโคนที่ทนทาน
- กระจกนิรภัยแบบใส
- ตัวสะท้อนแสงบริเวณหัวโคมเป็นอะลูมิเนียมเคลือบสีขาว
- รองรับแรงลมได้สูงสุด 120 กม./ชม.



<u>ข้อมูลทางเทคนิค</u>

- ชนิดหลอดไฟ **COB**
- ระบบควบคุมความสว่าง **DALI, 1-10V, On/Off**
- วัสดุ **Aluminium**
- น้ำหนัก **23.2 kg**
- อุณหภูมิในการทำงาน **-20 °C to 50 °C**
- โคมพลังงาน **55 W**
- ปริมาณกระแสไฟฟ้า **1400 mA**
- ลูเมน **2944 - 3150 lm**
- ค่าประสิทธิภาพ **54 - 57 lm/W**
- CCT / CRI **3000K CRI80, 4000K CRI80**
- รูปแบบการกระจายแสง **G [110°x 122°]**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

VSTARCAM® Specifications Model: C31S-X4

System	Operation system	Embedded Linux OS
	Online visitor	Support 4 visitors at the same time
Image Capture	Image sensor	1/2.7 inch 1080p Progressive Scan CMOS
	Minimum Illumination	0.8Lux（Color mode）,0.3Lux（B&W mode）
	Lens	2.8～12mm@F1.4 electronic optical Zoom+Focus
	View Angle	Support Zoom and Focus synchronously, FOV: 93.9° ~ 33.5° /horizontal, 50.7° ~19.6° /vertical, 109.3° ~ 38.9° /diagonal
	Night vision	Dual Filter,IR-Cut,6pcs 850nm IR LED, IR irradiation distance:25~30m
Video	Encode format	H.264 main profile@level:4.0/Motion-JPEG/JPEG
	Three Stream	Main Stream:1080p(1920X1080)@15fps Sub Stream:360p(640X360)@15fps Third Stream:180p(320X180)@15fps
	Bit Rate	128～4096kbps
	Maximum frame rate	15fps
	Image adjustment	Auto
Audio	Input	Built-in -40 dB microphone
	Output	N/A
	Sampling frequency / width	8KHz/16bit
	Compression standard	ADPCM/32kbps
Network	Ethernet	10Base-T / 100Base-TX, RJ45 connector
	Protocols	TCP/IP,HTTP,TCP,UDP,DHCP,DNS,NTP,RTSP, ONVIF,P2P etc
	Wireless LAN	IEEE802.11b/g/n
	Wireless LAN Frequency	2.4~ 2.4835GHz
	Wireless LAN security	64/128-bit WEP/WPA-PSK /WPA2-PSK data encryption
Pan-tilt	Pan-tilt	Pan：355°,tilt：95°
	Preset position	PC APP：support 16 positions, Phone APP:support 5 positions
Memory	Socket	TF Push-push socket,Maximum support 128GB; Cloud Storage
Alarm	Alarm Trigger	Motion detection
Physical Environmental	Rated voltage	DC 12V±5%
	Power consumption	Related power: 4.68W(IR LED on), Maximum power：9.48W（all function on）
	Operating condition	Temperature:-10～50℃,humidity:＜90%
	Weight	Gross：TBD g(Note: in kind prevail)
	Package size	TBD mm (L×W×H)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2 Channel 5V Optical Isolated Relay

This is a LOW Level 5V 2-channel relay interface board, and each channel needs a 15-20mA driver current. It can be used to control various appliances and equipment with large current. It is equipped with high-current relays that work under AC250V 10A or DC30V 10A. It has a standard interface that can be controlled directly by microcontroller. This module is optically isolated from high voltage side for safety requirement and also prevent ground loop when interface to microcontroller.

SKU: MDU1037

Brief Data:

- Relay Maximum output: DC 30V/10A, AC 250V/10A.
- 2 Channel Relay Module with Opto-coupler. LOW Level Trigger expansion board, which is compatible with Arduino control board.
- Standard interface that can be controlled directly by microcontroller (8051, AVR, *PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic).
- Relay of high quality low noise relays SPDT. A common terminal, a normally open, one normally closed terminal.
- Opto-Coupler isolation, for high voltage safety and prevent ground loop with microcontroller.

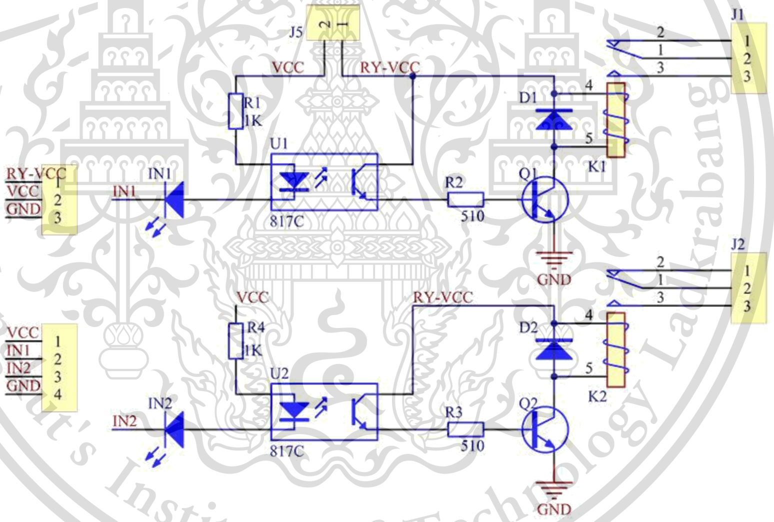
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Schematic

VCC and RY-VCC are also the power supply of the relay module. When you need to drive a large power load, you can take the jumper cap off and connect an extra power to RY-VCC to supply the relay; connect VCC to 5V of the MCU board to supply input signals.

NOTES: If you want complete optical isolation, connect "Vcc" to Arduino +5 volts but do NOT connect Arduino Ground. Remove the Vcc to JD-Vcc jumper. Connect a separate +5 supply to "JD-Vcc" and board Gnd. This will supply power to the transistor drivers and relay coils.

If relay isolation is enough for your application, connect Arduino +5 and Gnd, and leave Vcc to JD-Vcc jumper in place.

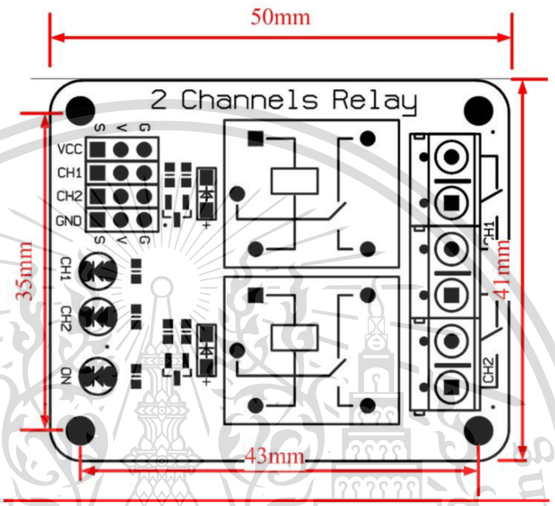


It is sometimes possible to use this relay boards with 3.3V signals, if the JD-VCC (Relay Power) is provided from a +5V supply and the VCC to JD-VCC jumper is removed. That 5V relay supply could be totally isolated from the 3.3V device, or have a common ground if opto-isolation is not needed. If used with isolated 3.3V signals, VCC (To the input of the opto-isolator, next to the IN pins) should be connected to the 3.3V device's +3.3V supply.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

NOTE: Some Raspberry-Pi users have found that some relays are reliable and others do not actuate sometimes. It may be necessary to change the value of R1 from 1000 ohms to something like 220 ohms, or supply +5V to the VCC connection.

Module Layout:



Input:

VCC: Connected to positive supply voltage (supply power according to relay voltage)

GND: Connected to supply ground.

N1: Signal triggering terminal 1 of relay module

IN2: Signal triggering terminal 2 of relay module

Output:

Each module of the relay has one NC (normally close), one NO (normally open) and one COM (Common) terminal. So there are 2 NC, 2 NO and 2 COM of the channel relay in total. NC stands for the normal close port contact and the state without power. NO stands for the normal open port contact and the state with power. COM means the common port. You can choose NC port or NO port according to whether power or not.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ค
การเลือกใช้วิธีการปรับระดับความสว่าง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การเลือกหลอดไฟ

สำหรับหลอดที่ใช้นั้นได้เลือกหลอดประเภทแอลอีดีเนื่องจากหลอดแอลอีดีใช้กระแสน้อยกว่า หลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซ้นต์ หรือหลอดอื่นๆ เมื่อเทียบกับความสว่างที่เท่ากัน ซึ่งจะส่งผลให้ประหยัดพลังงานมากกว่าและความร้อนที่แผ่ออกมาก็น้อยกว่า นอกจากนี้หลอดแอลอีดียังมีอายุการใช้งานที่นานโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 50,000 ชั่วโมง และมีวิธีการหรี่ไฟที่หลายวิธีมากกว่า

3.3 การเลือกวิธีหรี่ไฟ

สำหรับวิธีการหรี่ไฟนั้นเลือกวิธีการหรี่ไฟแบบ 0-10V ถึงแม้ว่าการหรี่ไฟแบบ DALI นั้นจะมีข้อดีมากกว่า 0-10V อยู่หลายข้อ แต่ก็มีข้อจำกัดอยู่หลายข้อเช่นกัน ก็คือ อุปกรณ์ทุกประเภทที่ใช้ในระบบต้องเป็นอุปกรณ์ที่รองรับ protocol แบบ DALI ดังนั้นตรงนี้จะเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะเข้ามาเป็นข้อจำกัดในการพัฒนาวงจร, ระบบ DALI นั้นจะคุ้มค่าก็ต่อเมื่อใช้กับจำนวนตัวขับที่มากเนื่องจากมีราคาที่สูงกว่า แต่เนื่องจากในโครงงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบมาสำหรับตัวขับจำนวนไม่มากจึงอาจจะไม่คุ้มค่าเท่าไหร่นัก, ระบบ DALI นั้นจำเป็นที่จะต้องเดินสายไฟจากตัวควบคุมไปยังตัวขับทุกตัวในระบบ ดังนั้นถ้าหากติดตั้งตัวควบคุมไว้ที่เสาต้นใดต้นหนึ่งก็จำเป็นที่จะต้องเดินสายไฟไปหาเสาอีกต้นหนึ่ง ซึ่งตรงนี้อาจจะทำให้ยากในการติดตั้ง และประเด็นสุดท้ายก็คือ ซอฟต์แวร์ที่ใช้กับระบบ DALI นั้นไม่ได้เป็นซอฟต์แวร์แบบ Open source กล่าวก็คือซอฟต์แวร์ที่ใช้ออกแบบนั้นจะต้องเป็นของบริษัทใดบริษัทหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตสินค้าประเภท DALI ดังนั้นเมื่อซอฟต์แวร์ไม่ได้เป็น Open source แล้ว จึงยากต่อการที่จะพัฒนาต่อตามจุดประสงค์ที่ผู้ศึกษาต้องการ

โดยสรุปก็คือ ระบบ DALI นั้นเป็นระบบที่ดี มีความแม่นยำและความสะดวกในการทำงานแต่อาจจะไม่เหมาะสำหรับการที่จะศึกษาและพัฒนาในจุดนี้ ดังนั้นการหรี่ไฟแบบดั้งเดิม 0-10V ที่มีหลักการที่เข้าใจได้ง่ายและสามารถปรับใช้ให้เข้ากับระบบที่ผู้ศึกษาได้ออกแบบไว้ได้ จึงตอบโจทย์ได้มากกว่าระบบ DALI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นาย ศิราวุฒิ ฤทธิรณ
วัน เดือน ปีเกิด 4 มีนาคม พ.ศ. 2542
ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจากโรงเรียนสิรินธร
ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล นาย ศุภณัฐ ไผ่เทียนชัย
วัน เดือน ปีเกิด 5 มิถุนายน พ.ศ. 2541
ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี
ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล นาย ศุภณัฐ สุขนิรันดร์
วัน เดือน ปีเกิด 26 สิงหาคม พ.ศ. 2542
ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจากโรงเรียนขอนแก่นวิทยายน
ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล นาย สารัช สมิตินนท์
วัน เดือน ปีเกิด 9 มิถุนายน พ.ศ. 2542
ประวัติการศึกษา ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจากโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.