



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชุดควบคุมแสงสว่างด้วยแสงธรรมชาติร่วมกับเซ็นเซอร์ซิกบีเพื่อ
การประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงในระบบไฟฟ้าแสง
สว่าง

Development of Illumination Control Using Daylight and Zigbee
Sensor for Energy Savings in LED Lighting System

ผศ. ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน

รศ. ดร. อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



T145332

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชุดควบคุมแสงสว่างด้วยแสงธรรมชาติร่วมกับเซ็นเซอร์ซิกบีเพื่อ
การประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงในระบบไฟฟ้าแสง
สว่าง

Development of Illumination Control Using Daylight and Zigbee
Sensor for Energy Savings in LED Lighting System

ผศ. ดร. ชัยยนต์ เจตนาเสน

รศ. ดร. อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขที่
เลขทะเบียน 145332
ฉบับเดือนปี 4 ก.พ. 2560

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาชุดควบคุมแสงสว่างด้วยแสงธรรมชาติร่วมกับเซ็นเซอร์ซิกบีเพื่อ
การประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง.....

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน.....

ประจำปีงบประมาณ..... 2559..... จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน..... 385,000..... บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย..... 1 ปี..... ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2559

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

1. นายชัยยันต์ เจตนาเสน สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์..... (หัวหน้าโครงการ)

2. นายอรรถพล เก้าพิทักษ์กุล สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์..... (ผู้ร่วมโครงการ)

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอระบบการจัดการพลังงานภายในระบบแสงสว่างของอาคารที่พักอาศัย โดยระบบที่นำเสนอเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีการติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่าง เพื่อแทนที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ขั้นตอนการทำงานของระบบนำเสนอนั้นประกอบไปด้วย การตรวจวัดความสว่างบนที่ใช้งานโดยเซ็นเซอร์แสงก่อนส่งข้อมูลไปยังชุดควบคุมผ่านอุปกรณ์ซิกบี ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวทำหน้าที่สื่อสารแบบไร้สาย ชุดควบคุมทำหน้าที่เพิ่มหรือลดความสว่างตามปริมาณที่ตรวจวัดได้เทียบกับการตั้งค่าในชุดคำสั่ง โดยมีการจัดทำชุดสาธิตระบบที่นำเสนอและนำไปติดตั้งทดสอบในพื้นที่ที่กำหนด เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ ทั้งในเชิงพลังงานและคุณภาพของแสง ผลลัพธ์จากการวิจัยชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการจัดการพลังงานของระบบที่นำเสนอ โดยระบบแสงสว่างในอาคารที่พักอาศัยมีการใช้พลังงานที่ลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญ อีกทั้งแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานยังคงมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

คำสำคัญ : การจัดการพลังงาน ระบบแสงสว่าง หลอดไดโอดเปล่งแสง ซิกบี การส่งข้อมูลไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Development of Illumination Control Using Daylight and Zigbee Sensor for Energy Savings in LED Lighting System.....

Researcher:

Chaiyan Jettanasen, Faculty of Engineering, Department of Electrical Engineering

Atthapol Ngaopitakkul, Faculty of Engineering, Department of Electrical Engineering

ABSTRACT

This research project proposed the energy management in lighting system for residence. The proposed system is application of light emitting diode technology with light control circuit to replaced the conventional fluorescent luminaire. Algorithm of proposed lighting control consist of lighting measurement on working area using photo sensor. Measurement data then send to control unit via Zigbee device that operate as wireless transmitter and receiver. Light control unit will increase or decrease light emitting diode luminaire output accord to measurement data compare to setting value. Result from experimental setup shown the satisfy performance and efficiency in energy management of the proposed system. Energy consumption in residential lighting system is reduce significantly and light on working area still within standard value.

Keywords : Energy Management, Lighting System, Light Emitting Diode, Zigbee, wireless Communication, Daylighting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี อันเนื่องมาจากความร่วมมือกันเป็นอย่างดีของคณะผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้องในการดำเนินงาน ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการอำนวยความสะดวกในการจัดเตรียมสถานที่และเครื่องมือในการทำ การวิจัย การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

ผศ. ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน หัวหน้าโครงการ

รศ. ดร. อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล นักวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	7
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	11
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
2.1 ระบบการให้แสงสว่าง.....	13
2.2 การตรวจจับจุดผ่านศูนย์กลาง.....	14
2.3 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณ (Sampling).....	15
2.4 หลักการควบคุมมุมเฟส.....	15
2.5 ตัวประกอบกำลัง.....	16
2.6 หลอดไดโอดเปล่งแสง.....	19
2.7 อาดูโน่ (Arduino).....	23
2.8 ชิกบี (Zigbee).....	24
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดสร้างชุดควบคุมแสงสว่าง.....	29
3.1 วงจรการวัดความเข้มแสงด้วย TEMT6000.....	29
3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	30
3.3 ส่วนการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย.....	30
3.4 วงจรส่วนของการรับสัญญาณ.....	32
3.5 วงจรส่วนของการประมวลผลและปรับความสว่างของแสง.....	33
3.6 ลำดับขั้นตอนการทำงาน (Flowchart) ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า.....	37
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	41
4.1 การศึกษาด้านพลังงาน.....	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้วงจรหรือไฟ ออตโนมติ.....	60
4.3 การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	70
4.4 การศึกษาด้านคุณภาพของแสงเมื่อใช้วงจรหรือไฟออตโนมติ.....	72
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	74
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	74
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	75
เอกสารอ้างอิง.....	76
ประวัตินักวิจัย.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน.....	9
2.1 การเปรียบเทียบค่าความสว่างในอาคารตามมาตรฐาน CIE IES และ BS.....	13
2.2 การเปรียบเทียบระหว่างหลอดไดโอดเปล่งแสงกับหลอดไฟชนิดต่าง ๆ.....	22
4.1 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด กรณีค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์.....	44
4.2 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด กรณีค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์.....	44
4.3 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด กรณีค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์.....	45
4.4 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมแทรคไลท์กรณีค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์.....	46
4.5 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมดาวนัไลท์ 4 หลอดกรณีค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์.....	46
4.6 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและ โคมแทรคไลท์ 6 หลอด กรณีค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์.....	47
4.7 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรคไลท์ 6 หลอด และโคมดาวนัไลท์ 4 หลอด กรณีค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์.....	48
4.8 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด กรณีค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์.....	49
4.9 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด กรณีค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์.....	50
4.10 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด กรณีค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์.....	51
4.11 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมแทรคไลท์กรณีค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์.....	51
4.12 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมดาวนัไลท์ 4 หลอดกรณีค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์.....	52
4.13 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและ โคมแทรคไลท์ 6 หลอด กรณีค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์.....	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.14 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรกไลท์ 6 หลอดและ โคมดาวน์ไลท์ 4 หลอด กรณีคงค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์.....	53
4.15 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด กรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์.....	55
4.16 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด กรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์.....	55
4.17 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด กรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์.....	56
4.18 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมแทรกไลท์กรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์.....	56
4.19 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมดาวน์ไลท์ 4 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์.....	57
4.20 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด และโคมแทรกไลท์ 6 หลอด กรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์.....	58
4.21 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรกไลท์ 6 หลอด และโคมดาวน์ไลท์ 4 หลอด กรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์.....	58
4.22 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้เมื่อทำการหรี่หลอดไฟในระดับต่าง ๆ.....	69
4.23 ตารางเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าในกรณีที่ 1.....	70
4.24 ตารางเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าในกรณีที่ 2.....	71
4.25 ตารางแสดงค่าความเข้มแสงของแต่ละระดับของหลอดไดโอดเปล่งแสง.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รูปคลื่นของแรงดันขาเข้าและขาออก.....	14
2.2 วงจรพื้นฐานที่ใช้ไตรแอก.....	15
2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน.....	16
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบกำลังดิสเพลสเมนต์ ค่าตัวประกอบกำลังรวม และค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์กระแส.....	18
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบกำลังผิดเพี้ยน ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์แรงดัน และค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์กระแส.....	18
2.6 ลักษณะของโมดูลขยาย.....	23
2.7 ย่านความถี่และช่องสัญญาณของซิกบี.....	24
2.8 โครงสร้างของโปรโตคอลซิกบี.....	24
2.9 ลักษณะการทำงานของซิกบี.....	27
2.10 การทำงานของซิกบีแบบโครงข่าย.....	27
2.11 โทโพลยีของเครือข่ายซิกบี.....	28
3.1 ตัวตรวจจับความเข้มแสงสว่าง TEMT6000.....	29
3.2 วงจรตรวจจับความเข้มแสงสว่าง.....	29
3.3 บอร์ดอาดูโน รุ่นยูโนอาร์ทรี.....	30
3.4 แสดงวงจรของบอร์ด ADX-XBee 3 โวลต์.....	31
3.5 รายละเอียดของ ADX-XBee บอร์ดเชื่อมต่อโมดูลกับอุปกรณ์ภายนอก.....	31
3.6 วงจรแบ่งแรงดัน.....	32
3.7 วงจรการรับสัญญาณ.....	32
3.8 ส่วนของการรับสัญญาณ.....	33
3.9 วงจรส่วนการประมวลผลและวงจรปรับค่าความสว่าง.....	34
3.10 แผนผังแสดงการทำงานของส่วนของการประมวลผลและปรับความสว่าง.....	34
3.11 ส่วนของการรับสัญญาณและปรับความสว่าง.....	35
3.12 วงจรปรับความสว่างของแสง.....	36
3.13 ส่วนของการรับสัญญาณควบคุมและประมวลผล.....	37
3.14 ลำดับขั้นตอนการทำงาน.....	38

4.1 ห้องทดลองจริง.....	42
4.2 แผนผังตำแหน่งหลอดไฟของห้องทดลอง.....	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (วัตต์) และเวลา (นาที่) ในกรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4หลอด โคมแทรกไลท์ 6 หลอดและโคมดาวนีไลท์ 4 หลอด โดยคงค่าความสว่างที่ 350 – 400 ลักซ์.....	48
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (วัตต์) และเวลา (นาที่) ในกรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดโคมแทรกไลท์ 6 หลอดและโคมดาวนีไลท์ 4 หลอด โดยคงค่าความสว่างที่ 400-450 ลักซ์.....	54
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (วัตต์) และเวลา (นาที่) ในกรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดโคมแทรกไลท์ 6 หลอดและโคมดาวนีไลท์ 4 หลอด โดยคงค่าความสว่างที่ 450-550 ลักซ์.....	59
4.6 รูปคลื่นของแรงดันที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0.....	60
4.7 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0.....	61
4.8 รูปคลื่นของแรงดันที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 20.....	61
4.9 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 20.....	62
4.10 รูปคลื่นของแรงดันที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 30.....	62
4.11 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 30.....	63
4.12 รูปคลื่นของแรงดันที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 40.....	63
4.13 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 40.....	64
4.14 รูปคลื่นของแรงดันที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 50.....	64
4.15 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 50.....	65
4.16 รูปคลื่นของแรงดันที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 60.....	65
4.17 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 60.....	66
4.18 รูปคลื่นของแรงดันที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 90.....	66
4.19 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 90.....	67
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดิวตี้ไซเคิลและความเข้มแสง.....	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอัตราการใช้พลังงานมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยแต่ละปีประเทศไทยต้องใช้งบประมาณจำนวนมากในการบริหารจัดการพลังงานให้เพียงพอกับความต้องการ ส่วนใหญ่แล้วต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันพลังงานที่นับว่ามีความสำคัญมากที่สุดก็คือพลังงานไฟฟ้า ซึ่งประเทศไทยมีอัตราการเจริญเติบโตในการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูงและเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี จึงได้มีการวางแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย เป็นแผนที่รองรับนโยบายเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานไฟฟ้าของกระทรวงพลังงานหรือที่เรียกกันว่าพีดีพี (Power Development Plan : PDP) [1] โดยแผนนี้เป็นแผนการขยายกำลังการผลิตไฟฟ้าและระบบส่งไฟฟ้าของประเทศในอนาคต 15-20 ปีทำให้การลงทุนในการขยายกำลังการผลิตไฟฟ้าเพื่อรองรับความต้องการไฟฟ้าภายในประเทศที่เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งในประเทศอื่นๆ ก็ได้มีแนวทางในการควบคุมปริมาณการใช้ไฟฟ้าเช่นกัน เช่น ในประเทศเกาหลีมีการศึกษาในเรื่องของการอนุรักษ์หรือการประหยัดพลังงาน (Energy saving) โดยรัฐบาลเกาหลีได้ทำการให้ข้อมูลในเรื่องของการประหยัดพลังงาน และจัดการรณรงค์ต่างๆ ให้กับประชาชน เพื่อให้ประชาชนเกิดความรู้สึกรู้สึกคิดหรือแรงจูงใจในการประหยัดการใช้พลังงาน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการที่จะช่วยให้การบริโภคพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศนั้นมีแนวโน้มลดลง

จากความสำคัญของการใช้พลังงานไฟฟ้าดังกล่าว จึงได้มีแนวคิดเกี่ยวกับระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พลังงาน และเป็นจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าพลังงานและเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากต่างประเทศโดยจะต้องคำนึงถึงสิ่งที่สำคัญของการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพคือการใช้พลังงานให้น้อยที่สุดแต่จะต้องบรรลุวัตถุประสงค์ตามความต้องการครบทุกประการ มาตรการประหยัดพลังงานได้แก่ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าให้มีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยลดลง

ในการที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้านั้น จะต้องคำนึงถึงการลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak load) ซึ่งการลดค่าความต้องการสูงสุดดังกล่าวนี้มีวิธีต่างๆ หลายวิธี ซึ่งในปัจจุบันมีระบบหนึ่งที่น่าสนใจในการลดการใช้พลังงานภายในที่พักอาศัยในปัจจุบันคือ ระบบบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) ซึ่งมีการศึกษา ออกแบบและทดลองกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยจากงานวิจัยต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศนั้นก็ได้มีการศึกษาถึงการบริโภคพลังงานไฟฟ้าหรือพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้เพื่อต้องการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดซึ่งมีตัวอย่างงานวิจัยมากมายที่มีการศึกษาและทดลองใช้ระบบบ้านอัจฉริยะกันอย่างมากมาย เช่น ตัวอย่างงานวิจัยระบบบ้านอัจฉริยะ [2] ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 ในการควบคุมและมีการตรวจจับต่างๆ โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้เมื่อรับค่าของจำนวนของคนที่อยู่

ภายในห้องแล้ว ก็จะทำให้การปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ เปิดพัดลมถ้าต้องการ เปิดหรือปิดไฟ ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งตัวต้นแบบบ้านอัจฉริยะที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ได้ติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิ ไว้ในห้องต่างๆ และตัวตรวจจับอินฟราเรดได้ถูกติดตั้งไว้ที่ประตูโดยโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะกำหนดว่าไฟตำแหน่งใดควรเปิดหรือปิด และระดับความเร็วของพัดลมนั้นจะตั้งไว้ที่ระดับใด นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถประมาณค่าพลังงานไฟฟ้าโดยรวม ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถทราบราคา ค่าไฟฟ้าได้แบบเรียลไทม์ (Real time) อีกด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบ้านอัจฉริยะจะสามารถช่วยในการ ประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างมาก เพราะช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ให้แก่ผู้พักอาศัย ทำให้ ง่ายต่อการควบคุมและเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าไปในทางที่ดีขึ้นหรืออย่างในประเทศไทยที่มีการ มอบรางวัลบ้านอนุรักษ์พลังงานดีเด่นในปี พ.ศ.2554 เป็นบ้านอัจฉริยะที่ชื่อว่า Given House ซึ่งมีระบบ ที่ใช้ในการจัดการการใช้พลังงานต่างๆ ภายในบ้าน ให้มีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ

นอกจากระบบบ้านอัจฉริยะแล้ว [3] ระบบบ้านอัตโนมัติ (Home Automation) ก็ยังเป็นที่ แพร่หลายในอีกหลายประเทศอีกด้วย ซึ่งเทคโนโลยีต่างๆ ที่นำมาใช้ในการควบคุมบ้านอัตโนมัตินี้ไม่ เพียงแต่สามารถควบคุมผ่านทางวิธีการสื่อสารและวัตถุที่เป็นสื่อกลางเท่านั้น เทคโนโลยีเหล่านี้ยัง สามารถช่วยให้ผู้อยู่อาศัย หรือผู้ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านสามารถควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ ได้โดยผ่าน 2 ช่องทาง ช่องทางแรกคือการควบคุมทางไกลผ่านระบบการสั่งงานด้วยเสียง (Voice command) และอีกช่องทางหนึ่งคือการใช้การควบคุมผ่านรีโมท (Remote control) ซึ่งเป็นวิธีการ ควบคุมที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าการควบคุมแบบแรก โดยระบบบ้านอัตโนมัตินั้นจะใช้สื่อกลาง ต่างๆ ในการควบคุมการทำงาน เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ระบบอินเทอร์เน็ต (mobile internet) ระบบจีเอสเอ็มบลูทูธ (GSM Bluetooth) และระบบซิกบี (Zigbee Network) เป็นต้น หลักการใน การควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในที่พักอาศัย ผ่านระบบการสั่งงานด้วยเสียง (Voice command) คือการแปลงคำสั่งเสียงจากผู้ใช้ ผ่านระบบข้อความแบบสั้น (Short Message Service : SMS) จากนั้นจะทำการส่งข้อความนี้ผ่านระบบจีเอสเอ็ม (GSM Network).

ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้านั้น การควบคุมการใช้พลังงานของระบบแสงสว่างก็เป็นสิ่ง สำคัญเพราะแสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นที่ขาดไม่ได้ภายในที่พักอาศัย และระบบแสงสว่างยังเป็นระบบที่มี ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดภายในอาคารที่อยู่อาศัยอีกด้วย ซึ่งในปัจจุบันนั้นหลอด ไดโอดเปล่งแสงกำลังเป็นที่นิยมและแพร่หลายอย่างมาก เนื่องจากหลอดไดโอดเปล่งแสงใช้พลังงาน น้อยกว่าหลอดฟลูออโรสเซนต์ทั่วไป หลายๆภาคส่วนจึงได้เริ่มเปลี่ยนมาใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงแทน หลอดฟลูออโรสเซนต์ที่ใช้กันทั่วไปมากขึ้น ซึ่งก็มีงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวกับข้อดีของการใช้เทคโนโลยี หลอดไดโอดเปล่งแสงอย่างมาก เช่น งานวิจัยที่ได้กล่าวถึงการนำหลอดไดโอดเปล่งแสงมาใช้งานใน โรงงานเยื่อกระดาษในด้านของความปลอดภัย [4] คุณภาพแสงและความเชื่อถือได้ของหลอด ไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีทางแสงชนิดอื่นๆ พบว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงนั้นมีความ เสี่ยงในการเกิดการลุกไหม้และมลภาวะที่น้อยกว่า บริโภคพลังงานน้อยกว่าและยังให้ความสว่าง และคุณภาพทางแสงที่ดีกว่า รวมไปถึงมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าและไม่มีส่วนผสมของปรอทหรือ

วัสดุที่เป็นอันตราย นอกจากนี้แล้วยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมแสงสว่างอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพการใช้งานที่สูงสุด เช่น การเปลี่ยนมาใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงแทนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กันตามบ้านเรือนทั่วไป ซึ่งจากตัวอย่างงานวิจัยพบว่าหลอดไดโอดเปล่งแสง มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้งความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่ต่ำกว่าหรือกินกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าหรืออายุการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไป หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงเหมาะสมในการใช้กับระบบที่ต้องการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในที่พักอาศัย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่มีการควบคุมการใช้พลังงานแสงสว่างของร้านค้าโดยการลดความสว่างลง [5] ซึ่งสามารถช่วยให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพขึ้นได้ โดยการใช้กล่องดิจิตอล ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับมิเตอร์วัดค่าความส่องสว่าง (luminance meter) จุดประสงค์หลักของตัวควบคุมคือการทำให้ค่าความเปรียบต่าง (Contrast) ภายในอาคารเทียบเท่ากับสภาพแวดล้อมนั้นคงที่ และยังมีตัวอย่างงานวิจัย [6] ที่อ้างถึงการประหยัดพลังงานของหลอดไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปลี่ยนมาใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 50% นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้นำเสนอระบบแสงสว่างอัจฉริยะจากหลอดไดโอดเปล่งแสง สำหรับบ้านพักอาศัย [7] โดยประกอบไปด้วยเซนเซอร์ต่างๆ และเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Communication Technology) เพื่อที่จะนำไปควบคุมแสงสว่างจากหลอดไดโอดเปล่งแสง ให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งาน และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งระบบดังกล่าวนี้สามารถลดการบริโภคพลังงานรวมของระบบได้มากถึง 21.9%

ในการเปลี่ยนมาใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงแทนหลอดไฟประเภทฟลูออเรสเซนต์เพื่อลดการบริโภคพลังงานภายในอาคารนั้น ยังพบว่าสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้มากขึ้นไปอีก [8] โดยการใช้วงจรควบคุมการเพิ่มหรือลดความสว่าง (Dimming control system) ของหลอดไฟ ซึ่งมีทั้งการใช้วิธีการสื่อสารแบบใช้สาย (Wired communication) และแบบไร้สาย (Wireless communication) โดยการติดตั้งระบบการสื่อสารแบบมีสายนั้นจะมีข้อเสีย เนื่องจากต้องมีการแยกการติดตั้งสายสื่อสาร ทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยต่างๆ ในต่างประเทศพบว่าการใช้ระบบควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟ โดยใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ [9] เข้ามาช่วยด้วยนั้นทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากถึง 30%-40% โดยในปัจจุบันนี้นั้นวงจรหรี่ไฟแบบควบคุมเฟส (Phase-controlled) ที่ใช้ไตรแอก ยังคงเป็นเทคนิคหลักที่ใช้ในการควบคุมการหรี่ไฟในห้องตลาด และมีบทบาทสำคัญอย่างมากในการนำมาประยุกต์ใช้กับหลอดไส้ แรงดันขาออกเฉลี่ยหรือกำลังไฟฟ้าขาออกของวงจรหรี่ไฟไตรแอก จะถูกควบคุมโดยมุมจุดชนวน (θ) ซึ่งเมื่อนำมาใช้กับหลอดไส้ก็จะทำให้การใช้งานของหลอดไส้ในแง่ของพลังงานนั้นมีประสิทธิภาพ และยังมีงานวิจัยของสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [10] ได้มีการจัดเตรียมโปรเจกต์ที่เรียกว่า "Working

เอกสารนี้ เอกสารนี้

ไม่ว่าการนี้ ระบบควบคุมแสงสว่างเปรียบเทียบกับระบบแสงสว่างธรรมดาสามารถประหยัดพลังงานได้เท่าไร ใช้

โดยใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นใน 1 ปี และข้อมูลจะแบ่งเป็นเดือน ฤดู และปี ซึ่งการประหยัดพลังงานโดยใช้ระบบ

ควบคุมแสงสว่างจะแสดงให้เห็นความแตกต่างกันออกไปในแต่ละเดือนและฤดู จากผลการทดสอบพบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 30% ในสภาพเงื่อนไขที่แตกต่างกันออกไป [11] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เปรียบเทียบระบบการควบคุมแสงสว่างสองแบบคือ ระบบที่มีการหรี่ไฟอย่างต่อเนื่องและระบบที่เปิด ปิด อัตโนมัติ โดยทดสอบในเงื่อนไขที่แตกต่างกันในการควบคุม ซึ่งพิจารณาจากพื้นที่การส่องสว่างและการบริโภคพลังงานไฟฟ้า จากผลการทดลองพบว่าภายใต้เงื่อนไขที่ห้องฟ้าปลอดโปร่งและปราศจากสิ่งปกคลุม ระบบควบคุมแสงสว่างทั้งสองสามารถลดการบริโภคพลังงานได้เฉลี่ย 50-60% เมื่อเปรียบเทียบกับแสงสว่างอย่างเต็มที่ ตั้งแต่ 6 โมงเช้าถึง 6 โมงเย็น โดยระบบที่มีการหรี่ไฟอย่างต่อเนื่องสามารถลดการใช้พลังงานได้ 4-45% ในขณะที่ระบบเปิด-ปิด อัตโนมัติ สามารถลดการใช้พลังงานได้ 5-80% จากงานวิจัยดังกล่าวนี้ทำให้ทราบว่า การใช้วงจรควบคุมการเพิ่มหรือลดความสว่างสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนมาใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์

นอกจากการควบคุมการเพิ่มลดความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงแล้ว [12] ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการควบคุมแสงสว่างให้สอดคล้องกันกับแสงจากธรรมชาติจากภายนอกตามความเหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา โดยจะต้องคำนึงถึงความสะดวกสบายในการมองเห็นและการประหยัดพลังงานของแสงสว่างภายในอาคาร ซึ่งมีแนวความคิดคือควบคุมระดับแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพทางด้านพลังงาน ทำให้แสงสว่างนั้นอยู่ในระดับความสว่างที่เหมาะสมพอดีตามความต้องการในแต่ละพื้นที่นั้นๆ ในขณะที่เดียวกันก็ลดระดับความสว่างให้อยู่ในระดับที่ต่ำสุดในพื้นที่ที่ไม่ต้องการแสงสว่างเพื่อที่จะทำการควบคุมตามที่กล่าวนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมหลอดไดโอดเปล่งแสงแต่ละหลอด โดยควบคุมระดับแสงสว่างตามที่ต้องการได้อย่างเป็นอิสระต่อกัน นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งเซนเซอร์แสง (Light Sensor) เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Sensor) เพื่อควบคุมแสงสว่างจากหลอดไดโอดเปล่งแสงให้เป็นไปตามสิ่งแวดล้อมอีกด้วย และมีงานวิจัยที่เปรียบเทียบการประหยัดพลังงานในห้องทำงานโดยการใช้วิธีการควบคุมที่แตกต่างกัน [13] โดยใช้ในการจำลองจากโปรแกรม DAYSIM เพื่อแสดงการคำนวณแสงสว่างและการควบคุมกำลังไฟฟ้าในฟังก์ชันของแสงธรรมชาติ โดยการควบคุมจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของห้อง ซึ่งพบว่าจะสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 45-61% การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการประหยัดพลังงานจะสูงขึ้นเมื่อการมีควบคุมแสงสว่างให้สอดคล้องกับแสงสว่างจากธรรมชาติในเวลากลางวันและจะขึ้นอยู่กับทิศทางและตำแหน่งเล็กน้อย ในกรณีนี้ประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงานจะเท่ากับ 61% ของการใช้พลังงานในหนึ่งปี

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้น จะเห็นว่าการเลือกใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรควบคุมการเพิ่มหรือลดแสงสว่างนั้น จะช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก แต่ในการใช้งานนั้น ก็จะต้องมีการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อรับค่าแสงสว่างบริเวณพื้นที่นั้นๆ แล้วนำค่าความเข้มแสงนั้นไปคำนวณเพื่อหาปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสมของหลอดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งการใช้งานเซนเซอร์นั้นทั้งการติดตั้งแบบใช้สาย และแบบไร้สาย แต่การติดตั้งแบบใช้สายนั้นจะมีข้อเสีย

มากกว่าแบบไร้สาย เช่น ในระบบบ้านอัจฉริยะที่มีการควบคุมแบบอัตโนมัติ [14] ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เซนเซอร์เป็นจำนวนมากเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูล โดยในสมัยก่อนนั้น จะเป็นระบบที่ต้องเดินสาย ทำให้มีค่าใช้จ่ายของสายและการติดตั้งเป็นจำนวนมาก และการเดินสายของอุปกรณ์นั้นไม่สะดวกสำหรับการนำไปใช้งานในธรรมชาติ เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบกับ การติดตั้งแบบไร้สายแล้ว การติดตั้งแบบไร้สายจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่ารวมไปถึงการใช้งานที่สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีงานวิจัยที่ใช้การสื่อสารแบบไร้สาย [15] โดยติดต่อกับอุปกรณ์เชื่อมต่อทางด้านแสงสว่าง เพื่อใช้แสงจากธรรมชาติมาช่วยในการลดการใช้พลังงานภายในอาคารเพื่อลดค่าใช้จ่าย วิธีการนี้เปรียบเหมือนการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานต่ำๆ หรือลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น ซึ่งประโยชน์ของการใช้เซนเซอร์ที่ใช้การติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless sensor network) คือ ง่ายต่อการติดตั้งภายในอาคาร มีขนาดและราคาเหมาะสม โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารแบบไร้สายนั้นมีอยู่มากมาย เช่น ซิกบี (ZigBee) [16] ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีการควบคุมดิจิทัลแบบไร้สายและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบแสงสว่างภายในอาคาร และภายนอกอาคาร เพื่อที่จะเปิดหรือปิดไฟในเวลาที่เหมาะสม ทำให้สามารถลดการบริโภคพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับความเหมาะสมในการนำซิกบีมาใช้งานร่วมกับเซนเซอร์เนื่องจากการบริโภคพลังงานต่ำ [17] และเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น บลูทูธ (Bluetooth) หรือ ไวไฟ (WiFi) จะพบว่า ซิกบีมีความยืดหยุ่นทางสถาปัตยกรรมที่มากกว่า ราคาถูก และมีการบริโภคพลังงานที่ต่ำกว่า [18] โดยในปัจจุบันนั้นซิกบีเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานด้านการควบคุมอัตโนมัติแบบไร้สาย อีกทั้งซิกบีมีขนาดเล็ก จึงใช้เนื้อที่ไม่มากในการติดตั้งอุปกรณ์ และยังมีประสิทธิภาพที่ดี สามารถรับข้อมูลที่อัตราการส่งต่ำๆ ได้ และใช้พลังงานน้อยในการทำงาน รวมไปถึงมีความปลอดภัยและเชื่อถือได้ [19] นอกจากนี้ ซิกบียังเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในพื้นที่ต่างๆ อีกทั้งยังมีความน่าเชื่อถือ ความยืดหยุ่น และราคาไม่แพง จึงเหมาะกับการนำมาใช้ร่วมกับระบบควบคุมแสงสว่างภายในที่อยู่อาศัยแบบไร้สาย [20] โดยในปัจจุบัน ซิกบีก็กำลังเป็นที่ต้องการอย่างมากของตลาดทางด้านพลังงาน ซึ่งจากเหตุผลต่างๆ ที่ได้กล่าวในข้างต้นนั้น ซิกบีจึงเป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้งานร่วมกับเซนเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบไร้สายในระบบแสงสว่างภายในที่อยู่อาศัย [21] ซึ่งการควบคุมแสงสว่างจากหลอดไดโอดเปล่งแสง โดยใช้ระบบซิกบีนั้นเป็นการนำเอาข้อดีของซิกบี ในด้านการสื่อสารแบบไร้สายที่มีช่วงของการส่งข้อมูลแบบไร้สายที่สั้น มีการควบคุมที่ง่ายและสะดวกสบายในการใช้งานนั่นเอง [22] ซึ่งในปัจจุบันเซนเซอร์และซิกบีได้ถูกนำมาใช้ร่วมกันเป็นเครือข่ายไร้สาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานที่ต้องการเก็บข้อมูลหรือกระบวนการต่างๆ เช่น งานอุตสาหกรรม งานเกษตรกรรม งานในเชิงพาณิชย์หรือการค้า งานโลจิสติก การแพทย์ หรือ งานจราจร เป็นต้น ซึ่งงานเหล่านี้เป็นงานที่มีควบคุมกระบวนการในการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยในต่างประเทศก็ได้มีการทำวิจัยเกี่ยวกับการนำซิกบีมาใช้ในงานประเภทต่างมากมาย ยกตัวอย่างเช่น การนำซิกบีมาใช้งานร่วมกับระบบแสงสว่างภายในโรงงานอุตสาหกรรม [23] ทำให้สามารถควบคุมและใช้งานได้อย่างสะดวกสบาย อีกทั้งยังช่วยให้ประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้น การนำเอาซิกบีมาใช้ในการติดตามข้อมูลทางแสงในโรงงาน

เพาะปลูกทางการเกษตร [24] การใช้ซิกบีในระบบการควบคุมไฟถนนที่ใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามข้อมูลของหลอดแต่ละหลอดมากขึ้น [25] การนำซิกบีมาใช้งานร่วมกับเซนเซอร์ต่างบ้านพักคนชรา [26] เพื่อติดตามข้อมูลต่างๆ ของผู้สูงอายุ เช่น ข้อมูลทางด้านอัตราการเต้นของหัวใจ และความดัน เป็นต้น การนำซิกบีมาประยุกต์ใช้กับการปลูกพืชในเรือนกระจก [27] ซึ่งมีการติดตั้งเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น เพื่อติดตามข้อมูลสภาพอากาศภายในเรือนกระจก งานวิจัยที่นำเสนอการลดความสว่างแบบดิจิทัลไร้สายของระบบแสงสว่างสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยการส่งข้อมูลผ่านซิกบี ร่วมกับการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ [28] เพื่อที่จะทำให้การควบคุมการลดความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในพื้นที่ทดลองนั้นสามารถสื่อสารทางไกลแบบ ไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งในการติดตามผลข้อมูลต่างๆ นั้นสามารถทำได้ผ่านโปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์ นอกเหนือจากนั้น ซิกบียังเป็นอุปกรณ์มีการควบคุมแบบดิจิทัลไร้สาย [29] ซึ่งจากงานวิจัยพบว่า การควบคุมแบบดิจิทัลช่วยให้หลอดไดโอดเปล่งแสง ที่ใช้งานนั้นมีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น และช่วยทำให้ประสิทธิภาพในการติดตั้งของหลอดไดโอดเปล่งแสงเพิ่มขึ้นอีกด้วย

ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยนั้น นอกจากการเปลี่ยนมาใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงที่สามารถควบคุมระดับความสว่างและใช้งานร่วมกับอุปกรณ์สื่อสารไร้สายซิกบีนั้น จะต้องคำนึงถึงประเภทของหลอดไดโอดเปล่งแสง ที่จะนำใช้งานแทนหลอดไฟเดิมด้วยว่ามีความเหมาะสมกับลักษณะของการใช้งานและพื้นที่ที่ติดตั้งหรือไม่อย่างไร หลังจากติดตั้งแล้วจะสามารถให้ความสว่างได้เพียงพอต่อความต้องการในพื้นที่นั้นๆ เหมือนหลอดไฟชุดเดิมหรือไม่ [30] ซึ่งหลอดไดโอดเปล่งแสง ที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบันคือ หลอดไดโอดเปล่งแสงแบบบัลล์ (LED Bulb) เป็นหลอดที่กินพลังงานน้อย ซึ่งจากงานวิจัยพบว่า หลอดไดโอดเปล่งแสงแบบบัลล์สามารถลดการบริโภคพลังงานจาก 7.2 วัตต์ ให้เหลือเพียง 0.3 วัตต์ได้ ด้วยเหตุนี้หลอดไดโอดเปล่งแสงแบบบัลล์จึงเหมาะแก่การใช้งานในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยได้มากที่สุด

โครงการวิจัยนี้ เป็นโครงการที่ศึกษาและแก้ไขปัญหาในเรื่องการใช้พลังงานไฟฟ้า และสามารถที่จะบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยอาศัยแนวความคิดของบ้านอัจฉริยะในการเปลี่ยนจากการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรควบคุมการเพิ่มลดของแสงอัตโนมัติ ทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างภายในที่อยู่อาศัยได้เพิ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งนอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ไฟฟ้าในด้านการลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าในแต่ละเดือนแล้ว ยังส่งผลดีต่อการบริโภคพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของประเทศในปัจจุบันที่มีแนวโน้มในการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี โดยการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้านั้นจะต้องเกิดจากการร่วมมือกันของทุกภาคส่วน หากผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่มีแนวโน้มและพฤติกรรมในการใช้ไฟฟ้าที่ดีขึ้น ก็จะส่งผลให้ความต้องการพลังงานภายในประเทศมีแนวโน้มที่ลดลง ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศทำให้เศรษฐกิจของประเทศเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้นเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้
ไม่ว่ากรณี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง เพื่อให้ได้ระดับความส่องสว่างเหมาะสมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารควบคุม และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
- 2) เพื่อศึกษาและออกแบบการสร้างอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างโดยใช้แสงธรรมชาติร่วมกับซิกบี
- 3) เพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ไม่มีระบบควบคุมแสงสว่างกับหลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีระบบควบคุมแสงสว่างโดยใช้แสงธรรมชาติ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1) ระบบแสงสว่างที่พิจารณาคือ หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้ชุดขับเพื่อให้เกิดแสงสว่าง
- 2) วัดค่าความสว่าง, สัญญาณกระแสไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า, สัญญาณฮาร์โมนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากระบบแสงสว่างที่พิจารณา
- 3) ออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง เพื่อให้สอดคล้องตามมาตรฐานทางแสงที่กำหนด
- 4) ตรวจสอบประสิทธิภาพของชุดควบคุมแสงสว่างที่ออกแบบโดยการนำไปใส่ในระบบจริงที่พิจารณา แล้ววัดค่าความสว่างและพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือสอดคล้องตามมาตรฐานที่พิจารณาหรือไม่

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยตลอดโครงการ มีรายละเอียดดังนี้

1. จัดเตรียมอุปกรณ์หลักที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยทั้งหมด ได้แก่ มาตรฐานปริมาณทางไฟฟ้า ออสซิลโลสโคป บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ชุดหลอดไฟฟ้าทั้งสองชนิด มาตรฐานวัดส่องสว่าง เครื่องวิเคราะห์ฮาร์โมนิกส์ เป็นต้น
2. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลอดไดโอดเปล่งแสงและการออกแบบชุดควบคุมแสงสว่าง ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานของเซ็นเซอร์
3. ติดตั้งอุปกรณ์และทำการวัดค่าและเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสงทั้งชนิดที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง เช่น ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ งาน, กำลังไฟฟ้า, พลังงานไฟฟ้า, ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor), ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์รวม (total harmonic distortion) เป็นต้น รวมถึงเก็บข้อมูลทางแสงเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเบื้องต้น
4. ทำการติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่างและพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างที่พิจารณา เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ไม่ว่าจะ เป็นข้อมูลทางแสง รวมไปถึงข้อมูลทางด้านพลังงาน

- ไฟฟ้า จากนั้นนำผลที่ได้จากการติดตั้งในแต่ละกรณีศึกษามารวบรวมเพื่อศึกษาถึง ข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป
5. ทำการติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่างร่วมกับแสงธรรมชาติจากระบบแสงสว่างที่พิจารณา เพื่อ รวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง จากนั้นนำผลที่ได้จากการติดตั้งในแต่ละกรณีศึกษามารวบรวม เพื่อศึกษาถึงข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป
 6. นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาปรับปรุงชุดควบคุมต้นแบบ
 7. สรุปผลการศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และเขียนบทความเพื่อตีพิมพ์ใน วารสารระดับนานาชาติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ปีที่ 1/เดือนที่													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
3. เพื่อตีพิมพ์บทความวิชาการและจัดทำรายงานสรุปผลความก้าวหน้าและรายงานฉบับสมบูรณ์	2.2 วิเคราะห์แสงและทางพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นทั้งในกรณีที่มีชุดควบคุมแสงสว่างและไม่มีชุดควบคุมแสงสว่าง โดยเปรียบเทียบเกี่ยวกับมาตรฐานที่กำหนด	ค่าความสว่างที่เกิดขึ้นขณะใช้งานชุดควบคุมแสงสว่าง โดยเปรียบเทียบเกี่ยวกับมาตรฐานที่กำหนด														
	2.3 ปรับปรุงตัวต้นแบบชุดควบคุมแสงสว่าง	ตัวต้นแบบชุดควบคุมแสงสว่าง														
	3.1 จัดทำรายงานความก้าวหน้าในภาคเดือนแรก	รายงานความก้าวหน้าในภาคเดือนแรก														
	3.2 เขียนบทความวิชาการเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ	บทความที่ตีพิมพ์														
	3.3 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	รายงานฉบับสมบูรณ์														

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ประโยชน์ในด้านการพัฒนาทางด้านอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมของประเทศ และประโยชน์จากองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากอนุรักษ์พลังงาน

- 1) ส่งเสริมการใช้หลอดประหยัดพลังงานหรืออุปกรณ์สำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารเพื่อให้ได้ระดับความสว่างสำหรับอาคารควบคุม และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
- 2) สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงได้ในระดับหนึ่ง โดยยังคงประสิทธิภาพของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเช่นเดิม
- 3) รมรณค้ให้เกิดการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของประเทศ อีกทั้งยังเป็นการลดภาระการนำเข้าด้านเชื้อเพลิง การสร้างโรงจักรไฟฟ้าและลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- 4) สนับสนุนและส่งเสริมให้มีการค้นคว้าและวิจัยทางด้านอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่องและให้เกิดผลการประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืนต่อไป ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับวิศวกร นักวิจัย นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจอื่นๆ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป

ประโยชน์ในด้านการพัฒนาระดับงานวิจัยของประเทศ

- 1) โครงการวิจัยนี้เป็นการรวมกันของวิทยาการหลายๆ ด้าน เช่น วิศวกรรมส่องสว่าง วิศวกรรมไฟฟ้า และวิศวกรรมการวัดและควบคุม เข้าด้วยกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ร่วมกันของนักวิจัยในสาขาดังกล่าว ทั้งในด้านการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น นับเป็นการพัฒนาระดับงานวิจัยของประเทศ
- 2) สามารถนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยขึ้นไปเผยแพร่เพื่อการพัฒนาเป็นแนวคิดในการออกแบบและประยุกต์ใช้งานระบบแสงสว่างด้วยชุดควบคุมแสงสว่างและพลังงานไฟฟ้าด้วยตัวตรวจวัดแสงสว่าง รวมไปถึงสามารถพัฒนาต่อยอดทางด้านพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างในอนาคตได้ดีขึ้น
- 3) เผยแพร่ความรู้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาชุดควบคุมแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับวิศวกร นักวิจัย นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจอื่นๆ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป อีกทั้งยังนำไปใช้ประโยชน์แก่หน่วยงานที่สนใจ เพื่อเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและส่งเสริมลดปัญหาโลกร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุญาตให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) การวิเคราะห์ที่นำเสนอในโครงการวิจัยนี้ ได้บทความเชิงวิชาการในระดับนานาชาติจำนวน 1 บทความ นับได้ว่าเป็นประโยชน์สำหรับวิศวกร นักวิจัย นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจอื่นๆ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการให้แสงสว่าง

แสงสว่างพื้นฐานที่ต้องใช้เพื่อการใช้งานแยกออกได้เป็นระบบต่างๆ ดังนี้

1. แสงสว่างทั่วไป (General Lighting) คือ การให้แสงกระจายทั่วไปทั้งบริเวณพื้นที่ใช้งานซึ่งใช้กับความส่องสว่างที่ไม่มากจนเกินไป
2. แสงสว่างเฉพาะที่ (Localized Lighting) คือ การให้แสงสว่างเป็นบางบริเวณที่ต้องการใช้ไฟแสงสว่างมาก เพื่อการประหยัดพลังงาน
3. แสงสว่างเฉพาะที่และแสงสว่างทั่วไป (General and Localized Lighting) คือ การให้แสงสว่างทั้งแบบทั่วไปทั้งบริเวณและเฉพาะที่ที่ทำงาน ซึ่งมักใช้กับงานที่ต้องการความส่องสว่างสูง ซึ่งไม่สามารถให้แสงแบบแสงสว่างทั่วไปได้เพราะเปลืองค่าไฟฟ้ามาก แต่ก็ไม่สามารถให้แสงแบบแสงสว่างเฉพาะที่ได้เพราะเมื่อเงยหน้าจากการทำงานก็จะพบบริเวณ ช้างเคียงมืดเกินไป ทำให้สายตาเสียได้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบค่าความสว่างในอาคารตามมาตรฐาน CIE IES และ BS [31]

พื้นที่ต่างๆ	CIE	IES	BS
ห้องประชุม	300-500-750	200-300-500	750W
ห้องเขียนแบบ	500-750-1000	500-750-1000	750W
ห้องทำงานทั่วไป	300-500-750	200-300-500	500W
ห้องคอมพิวเตอร์	300-500-750	200-300-500	500W
ห้องสมุด	300-500-750	200-300-500	500W
ร้านค้าในอาคารพาณิชย์	500-750	500-750-1000	500W
เคาน์เตอร์	200-300-500	200-300-500	200W
ห้องเก็บของ	100-150-200	100-150-200	150S
ห้องลิฟท์หรือบริเวณต้อนรับ	100-150-200	100-150-200	150S
ห้องน้ำ	100-150-200	100-150-200	150S
ทางเดิน	50-100-150	100-150-200	100S
บันได	100-150-200	100-150-200	150F
ลิฟท์	100-150-200	100-150-200	150F

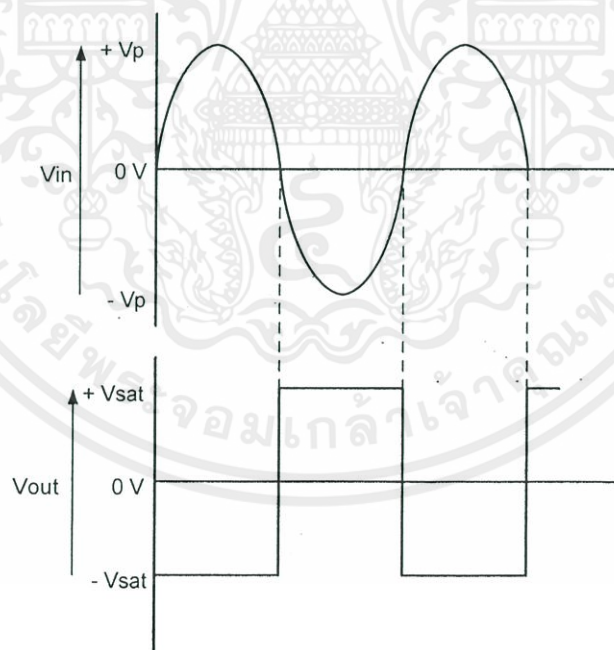
หมายเหตุ W = Working Plane S = Switch F = Floor

2.2 การตรวจจับจุดผ่านศูนย์

การตรวจจับจุดผ่านศูนย์ (Zero-crossing) เป็นวิธีการทั่วไปในทางอิเล็กทรอนิกส์ คณิตศาสตร์ เสียง และเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image processing) ในทางคณิตศาสตร์จุดผ่านศูนย์คือจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณของฟังก์ชันนั้น (เช่น จากบวกไปลบ) แทนด้วยการตัดของแกนในกราฟของฟังก์ชัน ในไฟฟ้ากระแสสลับจุดผ่านศูนย์คือจุดที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราว ณ จุดนี้ไม่มีระดับแรงดันในสัญญาณไซน์หรือรูปคลื่นพื้นฐานอื่นๆ การเกิดจุดผ่านศูนย์จะเกิดขึ้นสองครั้งในทุกๆ ลูกคลื่น

ในการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าเปิดในขณะที่แรงดันไม่เป็นศูนย์อาจจะทำให้เกิดการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnetic Interference : EMI) อาจทำให้โหลดบางชนิดเสียหายได้ หากมีการตรวจสอบโดยใช้การตรวจจับจุดผ่านศูนย์ หากจุดตัดแรงดันศูนย์จะทำให้เกิดการเปิดหรือปิดที่สามารถเริ่มจากศูนย์แล้วค่อยๆ เปลี่ยนไปตามรูปร่างไซน์ ซึ่งไม่ต้องเริ่มจากแรงดันมากโดยทันที

การใช้การตรวจจับจุดผ่านศูนย์ โดยใช้ออปโตคัปเปิลเลอร์ (Opto-Coupler) และตัวต้านทานจำกัดกระแส เมื่อแรงดันไฟกระแสสลับผ่านจุดศูนย์ อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงจะปิด ทำให้เกิดอินเทอร์รัพท์ (Interrupt) ส่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ และสามารถสั่งเปิดสวิตช์ขณะนั้นได้



รูปที่ 2.1 รูปคลื่นของแรงดันขาเข้าและขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณ (Sampling)

เนื่องจากการนำสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) มาใช้ในส่วนประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีการประมวลผลแบบสัญญาณดิจิทัลจึงจำเป็นต้องใช้การประมวลผลสัญญาณแบบระบบดิจิทัล (Digital Signal Processing) เนื่องจากมีความแม่นยำสูง ความสามารถในการทำงานซ้ำ และมีความเชื่อถือสูง

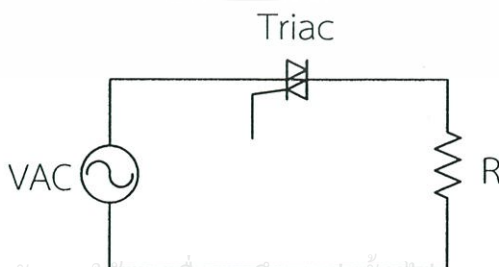
การแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลจะถูกสุ่มตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งค่าที่ได้จากการสุ่มแต่ละค่าจะถูกกำหนดเป็นระดับค่าดิจิทัลตามระดับเทียบเท่ากับระบบบิต (bit) ดังนั้นหากสุ่มในจำนวนที่เหมาะสมจะทำให้ค่าที่ได้จากการสุ่มมีความแม่นยำมากขึ้นดังสมการที่ 2.1 (ถ้าใช้เวลาน้อยเกินไปจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการแปลงภาพ ทำให้ภาพผิดไปจากความเป็นจริง แต่ถ้าสุ่มมากเกินไปจะทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลมากเกินไป)

$$\begin{aligned} \text{ระดับของสัญญาณอนาล็อก} \\ \text{ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า 1 บิต} \end{aligned} = \frac{\text{สัญญาณอนาล็อกสูงสุด}}{2^{\text{จำนวนบิตของ A/D}}} \quad (2.1)$$

2.4 หลักการควบคุมมุมเฟส

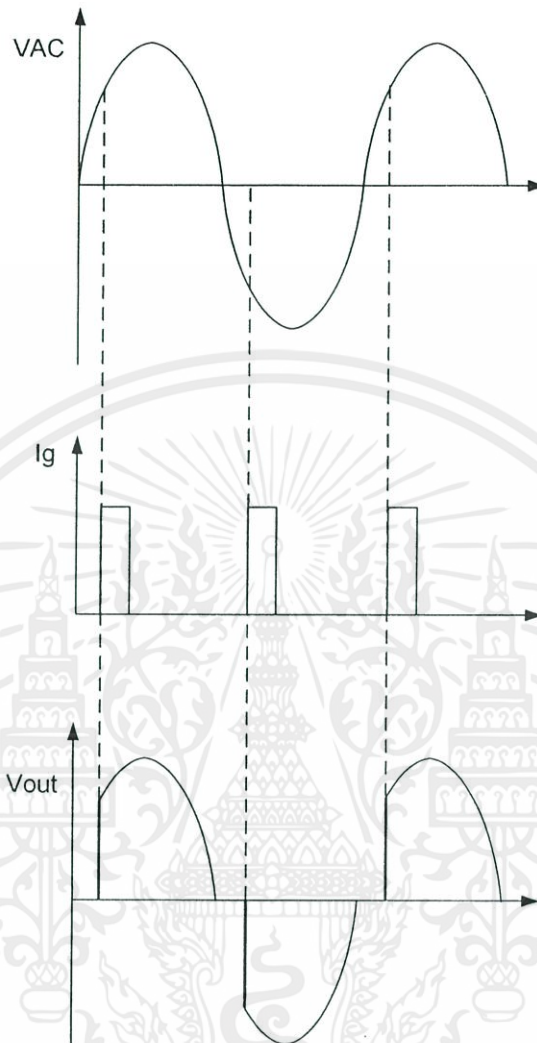
ไตรแอก (Triac) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประเภทไทรสเตอร์ ถูกพัฒนาขึ้นมาให้ใช้งานได้กับไฟกระแสสลับเพื่อแก้ข้อบกพร่องของเอสซีอาร์ (SCR) ไตรแอกสามารถนำกระแสได้สองทิศทาง โดยทำหน้าที่เป็นสวิตช์ มีคุณสมบัติเป็นสวิตช์ที่ดีกว่าสวิตช์ธรรมดาหลายประการ คือทำงานได้เร็ว ควบคุมการทำงานได้ง่าย ไม่มีหน้าสัมผัสจึงไม่เกิดประกายไฟ โครงสร้างของไตรแอกเหมือนการรวมเอสซีอาร์สองตัวไว้ด้วยกัน สามารถนำกระแสไฟในไฟฟ้ากระแสสลับได้ทั้งซีกบวกและซีกลบ

ในการควบคุมมุมเฟสของไตรแอก (Triac) กำหนดจากสัญญาณกระแสที่ขาเกตที่มาทริกสัญญาณแรงดัน โดยมุมเฟสจะขึ้นอยู่กับสัญญาณที่มาทริก วงจรพื้นฐานที่ใช้ไตรแอกในการควบคุมแรงดันขาออกแสดงดังรูปที่ 2.2 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาเข้า กระแสทริก และแรงดันขาออกแสดงดังรูป 2.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกข้อความและข้อมูลเชิงลึกของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 วงจรพื้นฐานที่ใช้ไตรแอก



รูปที่ 2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน

2.5 ตัวประกอบกำลัง

โดยทั่วไปแล้วเมื่อกล่าวถึงค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor : PF) นิยามจากค่าผลต่างของมุมระหว่างแรงดันและกระแส ($\cos \theta$) ที่ความถี่เดียวกัน ซึ่งนิยามนี้ใช้สำหรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่มีเฉพาะความถี่มูลฐานเท่านั้น ไม่มีความถี่อื่นหรือฮาร์มอนิกของแรงดันและกระแสมาปะปน เนื่องจากในปัจจุบันโหลดที่มีการใช้งานมีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear load) ซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในระบบมีส่วนประกอบของกระแสฮาร์มอนิกในปริมาณมาก และเป็นสาเหตุหลักของความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นและฮาร์มอนิก ดังนั้นการนิยามหรือการคำนวณค่าตัวประกอบกำลังของระบบที่มีปริมาณฮาร์มอนิกในระดับสูงจึงไม่สามารถใช้เฉพาะค่าผลต่างของมุม

ระหว่างแรงดันและกระแสรวมค่าตัวประกอบกำลังได้ ในการประเมินค่าตัวประกอบกำลังของระบบที่มีแรงดันและกระแสฮาร์โมนิก การระบุค่าตัวประกอบกำลัง จะระบุในรูปของค่าตัวประกอบกำลังรวม (Total Power Factor) ดังสมการที่ 2.2

$$Total\ Power\ Factor = \frac{P}{S_1} \times \frac{1}{\sqrt{1+THD_i^2} \times \sqrt{1+THD_v^2}} \quad (2.2)$$

- โดย P คือ กำลังไฟฟ้าจริง (W)
 S₁ คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)
 THD_i คือ ความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์แรงดัน (Current total harmonic distortion)
 THD_v คือ ความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์กระแส (Voltage total harmonic distortion)

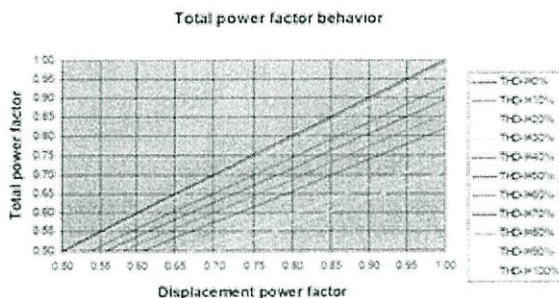
กรณีไม่มีแรงดันฮาร์โมนิก (THD_v=0) โดยมีเฉพาะกระแสฮาร์โมนิกในระบบ ค่าตัวประกอบกำลังรวมจะคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$Total\ Power\ Factor = \cos\theta_1 \times \frac{1}{\sqrt{1+THD_i^2}} \quad (2.3)$$

- โดย (cos θ₁) คือ ค่าตัวประกอบกำลังดิสเพลสเมนต์ (Displacement power factor)
 $\frac{1}{\sqrt{1+THD_i^2}}$ คือ ค่าตัวประกอบกำลังผิดเพี้ยน (Distortion power Factor)

ในกรณีนี้สามารถแทน $\frac{P}{S_1}$ ด้วย (cos θ₁) ได้ เราเรียกค่านี้ว่าค่าตัวประกอบกำลังดิสเพลสเมนต์ โดย θ₁ คือมุมที่เกิดขึ้นของกระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 1 (Fundamental Current) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบกำลังดิสเพลสเมนต์ ค่าตัวประกอบกำลังรวมและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์กระแสแสดงในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

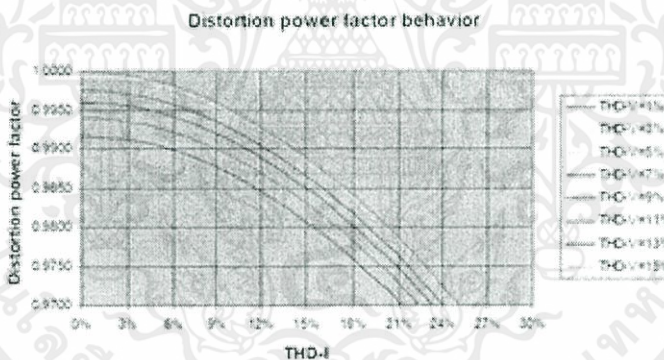


รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบกำลังดิสเพลสเมนต์
ค่าตัวประกอบกำลังรวมและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์กระแส [32]

กรณีที่มีทั้งแรงดันและกระแสฮาร์โมนิกเกิดขึ้นในระบบ

ในกรณีนี้ค่าตัวประกอบกำลังดิสเพลสเมนต์จะมี $\frac{1}{\sqrt{1+THD_i^2} \times \sqrt{1+THD_v^2}}$ และ

เมื่อนำค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์แรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์กระแสไปเขียนกราฟ จะ
ได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบกำลังผิดเพี้ยน
ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์แรงดันและค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์กระแส [32]

จะเห็นว่าในกรณีที่มีทั้งแรงดันและกระแสฮาร์โมนิกเกิดขึ้นในระบบค่าตัวประกอบกำลัง
ผิดเพี้ยนจะมีค่าลดต่ำลงตามการเพิ่มขึ้นตามปริมาณฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นและก็จะทำให้ค่าตัวประกอบ
กำลังรวมในสมการที่ 2.2 ลดลงเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 หลอดไดโอดเปล่งแสง

หลอดไดโอดเปล่งแสงหรือที่เรียกว่าหลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode, LED) หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำ มีลักษณะโครงสร้างภายในเป็นรอยต่อของสารพี (P) และสารเอ็น (N) หรือที่เราเรียกว่ารอยต่อพีเอ็น (PN Junction) เหมือนกับไดโอด สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของสารกึ่งตัวนำที่ใช้ หลอดชนิดนี้ใช้งานกับไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นหากจะนำมาใช้ในอาคารต้องมีอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรงก่อนการใช้งาน หลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าการส่องสว่างอยู่ประมาณ 40 ถึง 240 ลูเมนต่อวัตต์ การเพิ่มกำลังการส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงทำได้โดยการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงเล็กๆ หลายหลอดไว้บนแผงเดียวกัน โดยมักจะนำมาใช้แทนหลอดทังสเตนฮาโลเจน หรือนำไปใช้เป็นไฟส่องเฉพาะจุด

หลอดไดโอดเปล่งแสงเป็นหลอดที่ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติที่ถูกพัฒนาขึ้นจากข้อด้อยของหลอดอื่น โดยหลอดไฟประเภทนี้มีข้อดีคือมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ประมาณ 50,000 ถึง 100,000 ชั่วโมง ประหยัดไฟฟ้าและมีหลายสีให้เลือกใช้โดยใช้หลักการผสมสีของแสง สีแดง เขียว น้ำเงิน เหลือง ขาวแบบวอร์มไวท์ (Warm White) และขาวแบบเดย์ไลท์ (Daylight)

แสงที่เปล่งออกมาจากหลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีสีต่างกัมนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสารกึ่งตัวนำในการผลิตดังนี้

- สารประเภทแกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสเฟต (Gallium Arsenide Phosphide : GaAsP) จะให้แสงสีเหลืองและแสงสีเขียว
- สารแกลเลียมฟอสไฟต์ (Gallium Phosphide : GaP) จะให้แสงสีแดง
- สารแกลเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide : GaAs) จะให้กำเนิดแสงอินฟราเรด ซึ่งสารเหล่านี้ที่คุณสมบัติพิเศษคือเรืองแสงได้เมื่อรับไบอัสตรง การเกิดแสงที่หลอดไดโอดเปล่งแสงนี้เรียกว่าอิลูมิเนสเซนซ์ (Electroluminescence)

หลอดไดโอดเปล่งแสงยังมีข้อเสียคือราคาที่ยังค่อนข้างสูงและให้แสงสว่างน้อย หากต้องการความสวยงามในการออกแบบภายในอาจไม่สวยงามเท่าหลอดฮาโลเจนไม่ได้เพราะเงาที่เกิดขึ้นจากหลอดฮาโลเจนจะคมกว่า แต่เนื่องจากหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังนิยมในการใช้งานแบบระยะยาว ซึ่งเป็นทางเลือกในการประหยัดพลังงาน หรือบางสถานที่ที่อาจประดับตกแต่งด้วยแสงสี เปิดและปิดไฟบ่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของหลอดหลอดไดโอดเปล่งแสง

1. ประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงในปัจจุบันจะต่ำกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงถึง 80-100 ลูเมนต่อวัตต์ อย่างไรก็ตามแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะแพร่ออกไปทุกทิศทางทำให้สูญเสียเปลว ในขณะที่แสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงจะส่องไปด้านหน้าเท่านั้นเท่านั้น
2. หลอดฟลูออเรสเซนต์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากภายในบรรจุไอปรอท ขณะที่หลอดไดโอดเปล่งแสงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า
3. หลอดไดโอดเปล่งแสงมีขนาดเล็กจึงสามารถประยุกต์หรือปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานได้หลากหลาย สามารถควบคุมคุณภาพของแสงให้ปล่อยออกมาได้ ดังนั้นจึงนำไปใช้ประโยชน์ในการให้แสงสว่างในสถานที่สำคัญ และเนื่องจากสามารถควบคุมแสงสว่างจากหลอดไดโอดเปล่งแสงไม่ให้มีส่วนผสมของแสงที่เป็นอันตรายต่อภาพเขียน เช่น แสงอินฟราเรด แสงอัลตราไวโอเล็ต ฯลฯ
4. หลอดไดโอดเปล่งแสงปล่อยความร้อนออกมาน้อยมาก ทำให้อาคารลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในส่วนเครื่องปรับอากาศ ทำให้ช่วยประหยัดพลังงานมากขึ้นไปอีก
5. อายุการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสงยาวนานถึง 100,000 ชั่วโมง หรือ 11 ปี เปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีอายุการใช้งาน 30,000 ชั่วโมง หรือหลอดแบบขดลวดที่มีอายุการใช้งานเพียง 1,000 ถึง 2,000 ชั่วโมงเท่านั้น
6. หลอดไดโอดเปล่งแสงมีความทนทานต่อการสั่นสะเทือนมากกว่า ไม่เปราะบางเหมือนกับหลอดฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดไฟฟ้าแบบขดลวด เพราะชิปเปล่งแสงบรรจุอยู่ภายในพลาสติกใสซึ่งแข็งและเหนียว
7. หลอดไดโอดเปล่งแสงเหมาะสำหรับการปิดเปิดบ่อยครั้ง เนื่องจากสามารถปิดและเปิดบ่อยๆ ได้โดยไม่มีปัญหา และเมื่อเปิดแล้วจะให้ความสว่างทันทีซึ่งแตกต่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่หากปิดและเปิดบ่อยครั้งจะเสี้ง่าย หรือหลอดฮาโลเจน ซึ่งเมื่อเปิดแล้วต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งจึงจะให้แสงสว่าง

ข้อเสียของหลอดไดโอดเปล่งแสง

1. หลอดไดโอดเปล่งแสงยังมีราคาค่อนข้างสูง
2. หลอดไดโอดเปล่งแสงยังมีประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างน้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์
3. หลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าดัชนีความถูกต้องของสี (Color Rendering Index : CRI) ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของหลอดไดโอดเปล่งแสง

แบ่งตามลักษณะทางกายภาพ

1. หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิด 2 ขา (2 Dip LED) นิยมใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิด 4 ขา (4 Dip LED) นิยมใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
3. หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดยึดลงผิวของชิ้นงาน (Surface Mount Device LED) นิยมใช้ในการให้แสงสว่างภายในรถยนต์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์
4. หลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) นิยมใช้ในการให้แสงสว่างทั่วไป เช่น ภายในสำนักงานหรือไฟถนน ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

4.1 แบบแลมป์ (Lamp Type) เป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไป การขับกระแสของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงจะถูกออกแบบให้ขับกระแสได้ไม่เกิน 150 มิลลิแอมแปร์ เพราะหลอดไดโอดเปล่งแสงจะถูกเคลือบด้วยอีพ็อกซีทั้งหมด หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดนี้สามารถนำไปใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอก ซึ่งจะทนต่อสภาวะอากาศต่างๆ ได้ดีมาก

4.2 แบบเซอร์เฟซเมาท์ (Surface Mount Type) มีลักษณะเป็นตัวบางๆ มีขนาดการขับกระแสตั้งแต่ 20 มิลลิแอมแปร์จนถึง 1 แอมแปร์ ถ้าสามารถขับกระแสได้ตั้งแต่ 300 มิลลิแอมแปร์ขึ้นไปจะเรียกว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลัง (Power LED) และจะบอกหน่วยเป็นวัตต์ การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ภายในอาคาร เนื่องจากสารเคลือบหน้าหลอดไดโอดเปล่งแสงส่วนใหญ่เป็นซิลิโคน ซึ่งละอองน้ำสามารถซึมเข้าสู่ภายในได้ และละอองน้ำหรือความชื้นต่างๆ ยังสามารถซึมผ่านส่วนต่างๆ ของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงได้

5. หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดมีหลายชิพ (Multi-Chip High Power LED) นิยมใช้ในการให้แสงสว่างในไฟถนน

แบ่งตามประเภทของการใช้งาน

1. หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ภายในอาคาร เช่น แบบหลอดบัลบ์ (Bulb) แบบเส้น (Tube) ดาวน์ไลท์ (Down light) แบบทีบาร์ (T-Bar) แบบหลอดพาร์ (Par Light) แบบแขวนเพดาน (Pendant Light)
2. หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ภายนอกอาคาร เช่น ฟลัดไลท์ (Flood Light) ไฮเบย์ (High Bay) ไฟถนน (Street light)
3. หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ตกแต่ง เช่น ไฟเส้นตกแต่ง (Strip Light) แทรคไลท์ (Track Light)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งตามการมองเห็นแสงของมนุษย์

1. หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ให้แหล่งกำเนิดแสงที่มองไม่เห็น เป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงที่กำเนิดแสงอินฟราเรด เราสามารถพบเห็นหลอดไดโอดเปล่งแสงประเภทนี้ได้จากรีโมทคอนโทรลเครื่องใช้ไฟฟ้า
2. หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ให้แหล่งกำเนิดแสงที่มองเห็น เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงสีต่างกัน ขึ้นอยู่กับสารเจือปนที่ใส่ลงไป เช่น สีแดง สีส้ม สีเหลือง เนื่องจากเกิดความแตกต่างกันของความยาวของคลื่นแสง

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบระหว่างหลอดไดโอดเปล่งแสงกับหลอดไฟชนิดต่าง ๆ

ชนิดของแหล่งกำเนิด	ลูเมนต่อวัตต์ (ระบุในคู่มือ)	ลูเมนต่อวัตต์ (ในการใช้งานจริง)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	ดัชนีความถูกต้องของสี (CRI)
หลอดอินแคนเดสเซนต์	17	10-17	30,000	100
หลอดฮาโลเจน	20	12-20	10,000	100
หลอดฟลูออเรสเซนต์ (T12)	60	40-50	20,000	62-85
หลอดเมทัลฮาไลด์	65-70	35-40	10,000-20,000	60-90
หลอดไดโอดเปล่งแสง (วอร์มไวท์)	80	55-65	50,000 ขึ้นไป	80-85
หลอดฟลูออเรสเซนต์ (T8)	85-90	65-70	20,000-30,000	78-85
หลอดโซเดียมความดันไอสูง	95-110	55-65	24,000	22
หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ	120-140	65-75	16,000	น้อยกว่า 5
หลอดฟลูออเรสเซนต์ (T5)	90	70-75	30,000	85
หลอดไดโอดเปล่งแสง (คูลไวท์)	105	70-80	50,000 ขึ้นไป	75

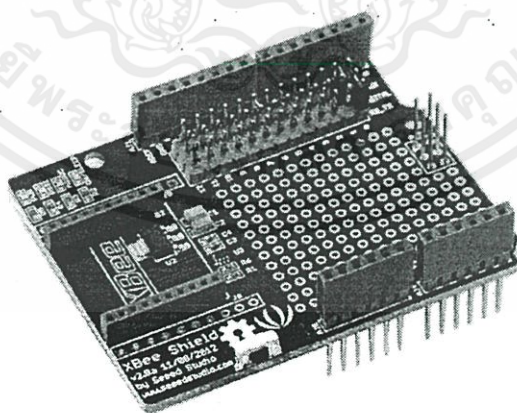
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 อาร์ดูโน้ (Arduino)

อาร์ดูโน้หรืออาดูโน้ เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบโอเพ่นซอร์ส (Open Source) คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดบอร์ดหรือโปรแกรมได้ ดังนั้นอาดูโน้จึงเป็นเครื่องมือที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี ตัวบอร์ดออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ซีพียู และมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน อาร์ดูโน้สามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะได้ โดยการรับสัญญาณจากสวิทช์หรือเซนเซอร์ และควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ อาร์ดูโน้สามารถทำงานได้ทั้งแบบอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องพีซี ตัวบอร์ดสามารถประกอบขึ้นใช้เองหรือซื้อบอร์ดสำเร็จที่มีขาย ส่วนโปรแกรมพัฒนานั้นสามารถดาวน์โหลดได้ทั่วไป โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

อาร์ดูโน้สามารถนำไปประยุกต์กับการตรวจสอบอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศได้หรือตรวจมลพิษทางเสียงได้ แต่ต้องมีโมดูล (Module) ส่วนขยายเพิ่มเติมมาใส่เข้าไปที่บอร์ด โดยที่โมดูลส่วนขยายเหล่านี้เรียกว่าชีลด์ (Shield) แสดงดังรูปที่ 2.6

ความง่ายของบอร์ดอาดูโน้ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริมประเภทต่างๆ เช่น ชีลด์ของซิกบี (XBee Shield) ชีลด์ของรีเลย์ (Relay Shield) ชีลด์ของจีพีอาร์เอส (GPRS Shield) เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ดอาดูโน้แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้



รูปที่ 2.6 ลักษณะของโมดูลขยาย [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของอาดูโนเมื่อเปรียบเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์

- ราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับบอร์ดอื่น
- ทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม โปรแกรมพัฒนาอาดูโนทำงานได้ทั้งบนวินโดวส์ แมกอินทอร์ช (Macintosh OSX) และบนระบบลินุกซ์ ในขณะที่บอร์ดอื่นทำงานได้เฉพาะบนวินโดวส์เท่านั้น
- ใช้งานง่าย มีการโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อน ทำให้ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่และมีความสามารถครบความต้องการของนักพัฒนามืออาชีพ
- เปิดเผยแพร่ซอร์สโค้ด (Source Code) และนำไปพัฒนาต่อยอด นอกจากนั้นสามารถเพิ่มเติมความสามารถผ่าน C++ library ได้
- เปิดเผยแพร่และนำไปพัฒนาขยายฮาร์ดแวร์ได้ อาดูโนใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Atmel เบอร์ ATMEGA8 และ ATMEGA168 วงจรของบอร์ดดีพิมพ์แบบเปิดเผยวงจรภายใต้ Creative Commons License ซึ่งสามารถนำไปดัดแปลงต่อขยายและเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อศึกษาการทำงานได้

2.8 ซิกบี (Zigbee)

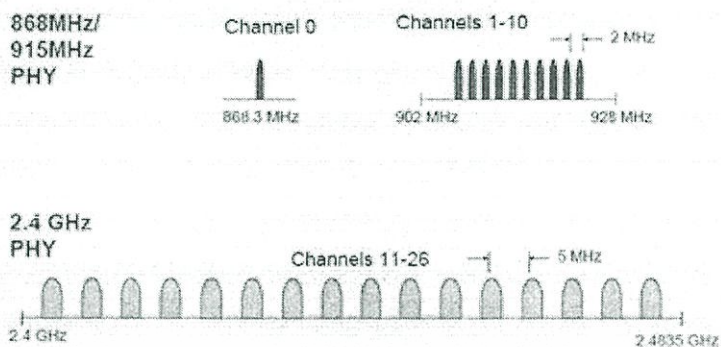
ซิกบีมาตรฐานสากล กำหนดโดยสมาพันธ์ซิกบี (ZigBee Alliance) เป็นการสื่อสารแบบไร้สายที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก เพื่อให้สามารถสร้างระบบที่เรียกว่า เซนเซอร์แบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) ได้ ซึ่งระบบนี้จะสามารถทำงาน ในร่ม กลางแจ้ง ทนแดด ทนฝน และอยู่ได้ด้วยแบตเตอรี่ก้อนเล็กนานเป็นเวลาหลายเดือน หรืออาจจะอยู่ได้นานถึง 1 ปี ซิกบีมีการทำงานโดยการรับและส่งข้อมูลผ่านชิปขนาดเล็ก โดยส่งข้อมูลไปจนถึงจุดหมายที่ต้องการ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลนั้นไปวิเคราะห์ผล เหมาะในการใช้สำหรับใช้ติดตามข้อมูลต่าง ๆ [34]

ปัจจุบันมีการนำซิกบีมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ระบบการควบคุมอัตโนมัติที่บ้าน โรงงาน เป็นต้น

ซิกบีกำหนดย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานไว้ 3 ย่านความถี่ดังนี้

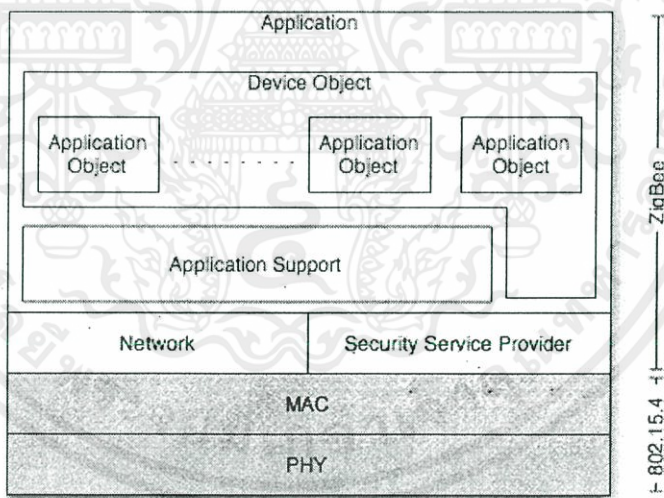
1. ย่านความถี่ 2.4 Ghz มี 16 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 250 Kbps
2. ย่านความถี่ 915 Ghz มี 10 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 40 Kbps
3. ย่านความถี่ 868 Ghz มี 1 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 20 Kbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ย่านความถี่และช่องสัญญาณของซิกบี [35]

ซิกบีนำฟิสิคอลลเอเยอร์ (Physical Layer) และ เอ็มเอซีเลเยอร์ (MAC Layer) ของ IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นมาตรฐานการกำหนดการสื่อสารไร้สายแบบ WPAN (Wireless Personal Area Network) มาทำงานในเลเยอร์ที่ต่ำกว่า (2 เลเยอร์ล่างสุด) เช่น เรื่องของระดับกำลังสัญญาณ คุณภาพของการเชื่อมต่อ (Link Quality) การควบคุมการเข้าถึง (Access control) ความปลอดภัย (Security) ฯลฯ แต่ในเลเยอร์ถัดไปจะเป็นรูปแบบของซิกบี



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของโปรโตคอลซิกบี [35]

จากที่กล่าวมาซิกบีจะสามารถสร้างเป็นเครือข่ายได้เพราะอิงมาตรฐานตาม IEEE 802.15.4 และมีการจัดการในแบบของซิกบีในเลเยอร์ถัดไป ทั้งนี้ IEEE 802.15.4 แบ่งชนิดอุปกรณ์ในเอกสารนี้เครือข่ายออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Full Function Device (FFD) หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถทำงานได้ทุกอย่างในเครือข่าย จะให้เป็นเราท์เตอร์ (Router) ที่เป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ โดยใช้พลังงานจากสาย ไลน์ (Power line) และสามารถทำเป็นจุดเชื่อมต่อกันได้

2. Reduced Function Device (RFD) หมายถึง อุปกรณ์ที่ถูกลดความสามารถการทำงาน ในเครือข่าย เหมาะแก่การเชื่อมต่อภายในอาคาร โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่และไม่สามารถ ถ่ายทอดข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ ได้

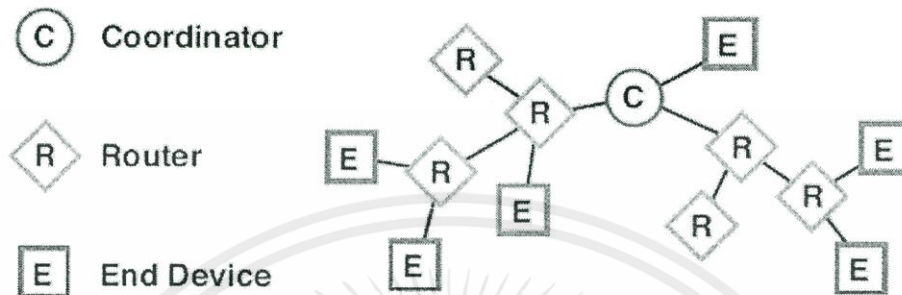
นอกจากนี้ซิกบี ได้แบบตามลักษณะการทำงานออกเป็น 3 แบบ ประกอบด้วย

- 1) Zigbee Coordinators มีหน้าที่สร้างการสื่อสาร เชื่อมโยงเครือข่าย ระหว่าง อุปกรณ์ปลายทาง (End Device) กับเราท์เตอร์ (Router) หรือโคออร์ดิเนเตอร์ (Coordinator) เข้าด้วยกัน หรือ โคออร์ดิเนเตอร์กับเราท์เตอร์ กำหนดแอดเดรส ให้กับอุปกรณ์ที่อยู่ในวงเครือข่ายไม่ให้ซ้ำกัน ช่วยในเรื่องของการดูแลจัดการเรื่อง เส้นทาง เทียบได้กับ FFD
- 2) Zigbee Routers ทำหน้าที่จัดการเส้นทางของข้อความที่ส่งผ่านภายในโครงข่าย ระหว่างคู่ของโหนดใดๆ เทียบได้กับ FFD
- 3) Zigbee End Device เป็นอุปกรณ์ปลายทางสุด ซึ่งจะรับสัญญาณจากเซนเซอร์ที่ ปลายทาง โดยใช้พลังงานต่ำในการทำงานเทียบได้กับ RFD หรือ FFD บางกรณี ขึ้นอยู่กับเซนเซอร์ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ZigBee Nodes

The ZigBee Protocol defines three types of nodes: Coordinators, Routers and End Device, with a requirement of one Coordinator per network. While all nodes can send and receive data, there are differences in the specific roles they play.



Coordinators are the most capable of the three node types. There is exactly one coordinator in each network and it is the device that establishes the network originally. It is able to store information about the network, including security keys.

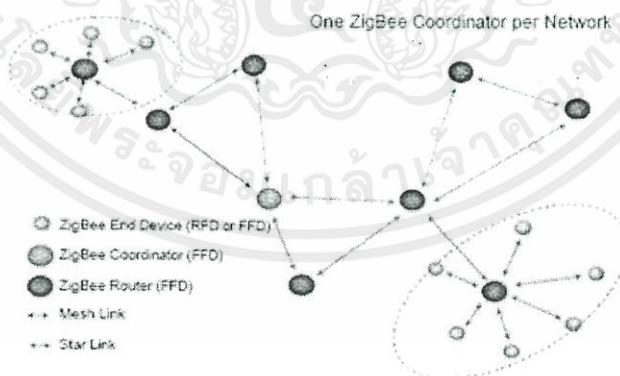
Routers act as intermediate nodes, relaying data from other devices.

End Devices can be low-power / battery-powered devices. They have sufficient functionality to talk to their parents (either the coordinator or a router) and cannot relay data from other devices. This reduced functionality allows for the potential to reduce their cost.

ZigBee offers these advantages:

- Open standard with interoperability between vendors
- Option for lower cost, reduced function end nodes

รูปที่ 2.9 ลักษณะการทำงานของซิกบี [35]



รูปที่ 2.10 การทำงานของซิกบีแบบโครงข่าย [35]

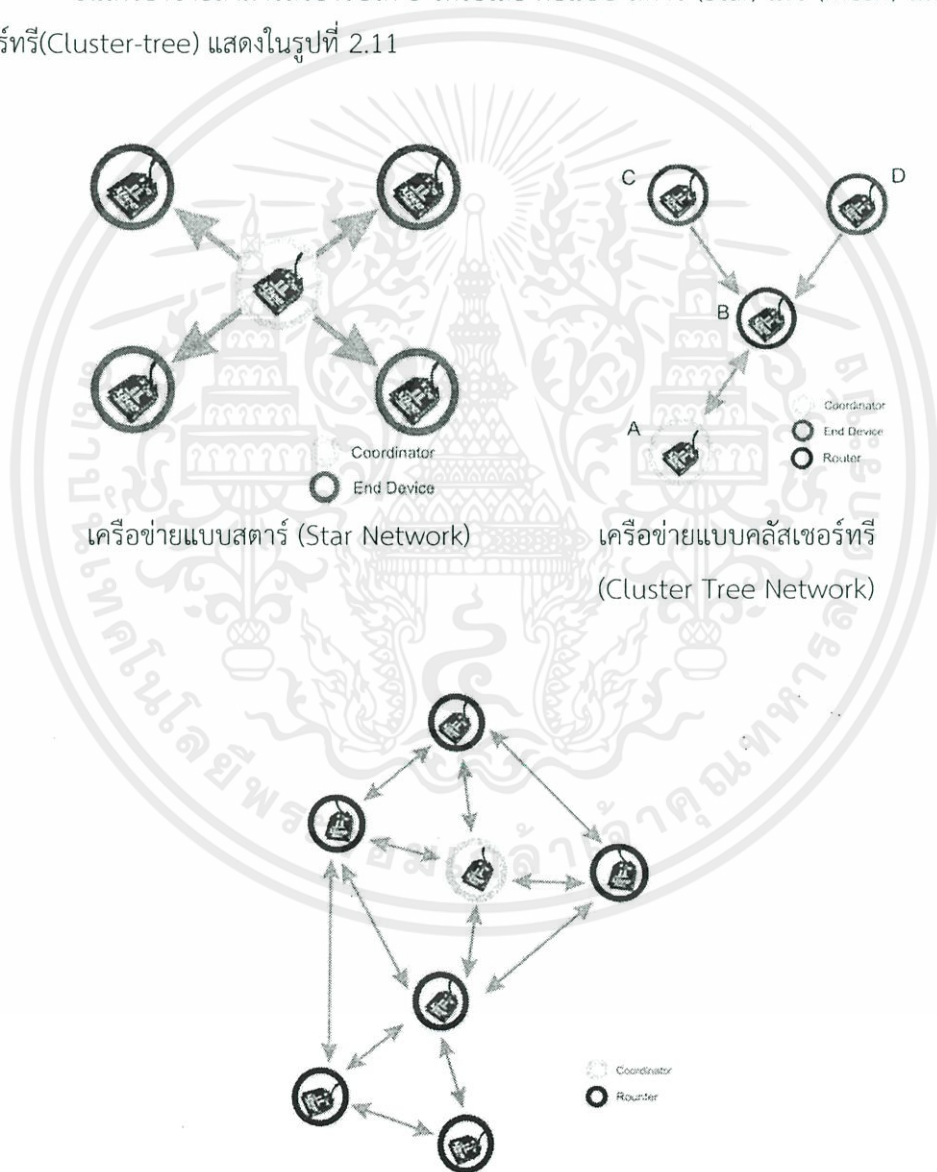
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอปพลิเคชันเลเยอร์ (Application layer) เป็นชั้นที่มีส่วนของเอ็นพอยท์ (Endpoint) อยู่ เรียกว่าแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค (Application Framework) โดยมี Zigbee Device Object (ZDO) ทำหน้าที่ในการจัดการในการเข้าถึงและใช้งานแอปพลิเคชันเลเยอร์

Application support sub-layer ทำหน้าที่ในการสร้างเฟรมแอปพลิเคชันเลเยอร์และทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลรวมถึงการจัดการด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันเลเยอร์

เน็ตเวิร์คเลเยอร์ (Network layer) ทำหน้าที่ใช้ในการเร้าท์ติ้ง (Routing) ข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางที่อาจอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันหรือต่างเครือข่ายกัน

ชั้นเครือข่ายสามารถรองรับได้ 3 โทโพโลยี คือแบบ สตาร์ (Star) เมช (Mesh) และ คลัสเตอร์ทรี(Cluster-tree) แสดงในรูปที่ 2.11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเครือข่ายแบบเมช (Mesh Network) กรุณาอย่านำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูปที่ 2.11 โทโพโลยีของเครือข่ายซิกบี [37] เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

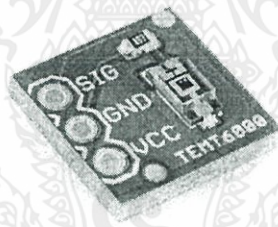
บทที่ 3

การออกแบบและการจัดสร้างชุดควบคุมแสงสว่าง

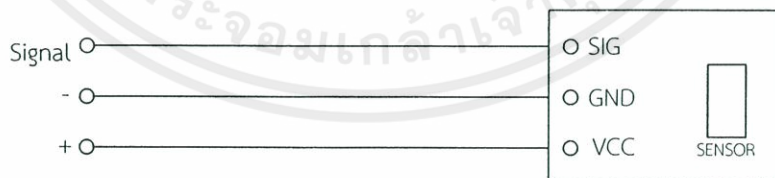
การออกแบบชุดควบคุมแสงสว่าง ประกอบด้วยวงจรตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor) ส่วนการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย ซึ่งมีทั้งส่วนของการส่งสัญญาณและการรับสัญญาณ วงจรส่วนการประมวลผลและปรับความสว่าง และการออกแบบพื้นที่ทดลอง

3.1 วงจรการวัดความเข้มแสงด้วย TEMT6000

วงจรตรวจจับความเข้มแสงทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์ตรวจจับความเข้มแสงสว่าง และส่งข้อมูลผ่านการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายโดยใช้ชิปเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อกำหนดดีวตีไซเคิล (Duty Cycle) ของสัญญาณที่ออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อรักษาระดับความสว่างของไดโอดเปล่งแสงให้มีความเข้มแสงประมาณ 300-500 ลักซ์ ซึ่งชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง ประกอบด้วยตัวตรวจจับความเข้มแสงสว่าง (Sensor) ที่เลือกใช้คือ TEMT6000 ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งการใช้งานจำเป็นต้องจ่ายแรงดันไฟตรงขนาด +5V เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับตัวตรวจจับความเข้มแสงสว่าง ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ตัวตรวจจับความเข้มแสงสว่าง TEMT6000 [36]

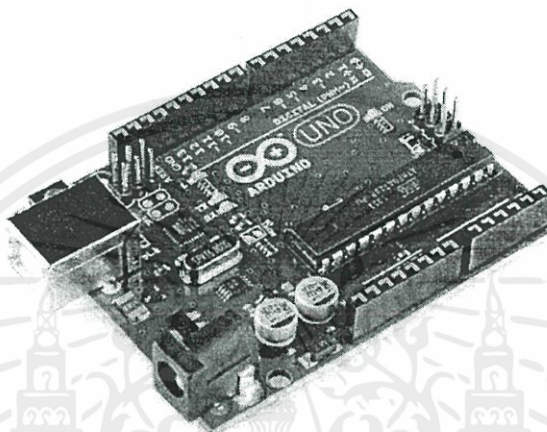


รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับความเข้มแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะใช้ในการประมวลผล เลือกใช้บอร์ดอาดูโน่ รุ่นยูโนอาร์ที (Arduino Uno R3) ซึ่งเป็นรุ่นที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โครงการและไลบรารี (Library) ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมาสนับสนุนจะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย

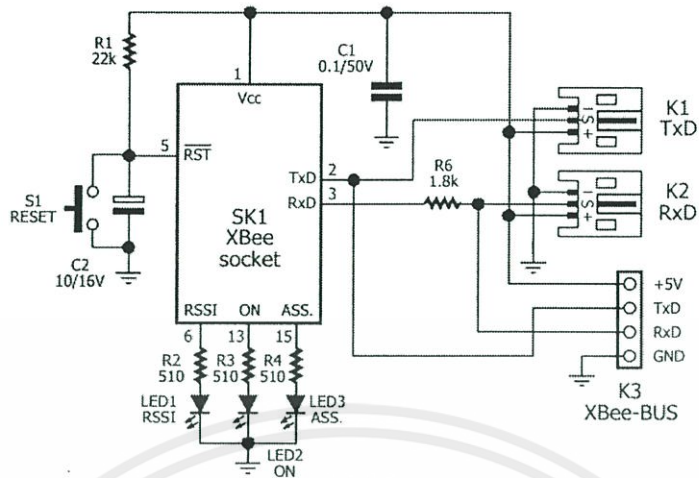


รูปที่ 3.3 บอร์ดอาดูโน่ รุ่นยูโนอาร์ที [33]

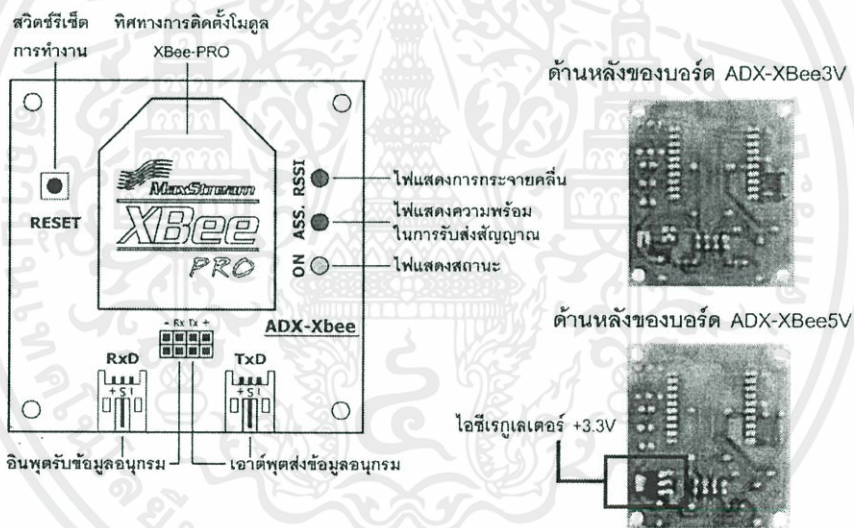
3.3 ส่วนการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย

การติดต่อสื่อสารระหว่างตัวตรวจจับความเข้มแสงสว่างกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการส่งข้อมูลได้เลือกใช้โมดูล XBee Serie2 ซึ่งเป็นโมดูลสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมไร้สาย 2.4 GHz ใช้ไฟเลี้ยง 2.1 ถึง 3.6 โวลต์ระยะทำการส่งในร่ม (Indoor) สูงสุดประมาณ 40 เมตรระยะทำการส่งกลางแจ้ง (Outdoor) สูงสุดประมาณ 120 เมตร สามารถกำหนดผ่านทางซอฟต์แวร์ X-CTU เพื่อให้ทำงานเป็นอินพุตแอนะล็อกสำหรับวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลความละเอียด 10 บิตหรืออินพุตเอาต์พุตดิจิทัล โดยมีอัตราถ่ายทอข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ 250,000 บิตต่อวินาทีและอัตราการถ่ายทอข้อมูลอนุกรม (บอดเรต) เท่ากับ 1,200 ถึง 115,200 บิตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรของบอร์ด ADX-XBee 3 โวลต์ [37]



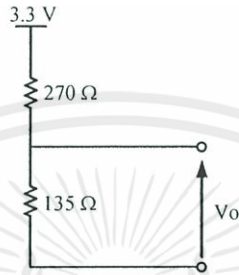
รูปที่ 3.5 รายละเอียดของ ADX-XBee บอร์ดเชื่อมต่อโมดูลกับอุปกรณ์ภายนอก [39]

โดยการต่อใช้งานโดยต่อขา TxD ของXBee-PRO เข้ากับขา Rx/D ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และต่อขา Rx/D ของ XBee-PRO เข้ากับขา Tx/D ของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

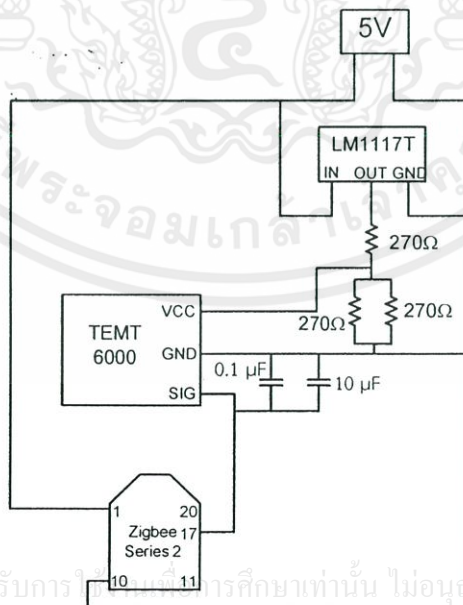
3.4 วงจรส่วนของการรับสัญญาณ

ใช้แหล่งจ่ายขนาด 5 โวลต์จ่ายผ่านตัวควบคุมแรงดัน (Regulator) เบอร์ LM1117T แรงดันที่ออกจากตัวควบคุมแรงดันจะมีขนาด 3.3 โวลต์ แต่ขนาดแรงดันที่ชิคปีต้องมีค่าไม่เกิน 1.2 โวลต์ จึงจำเป็นต้องทำการลดระดับแรงดันโดยใช้วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider Circuit) ดังรูปที่ 3.6 เพื่อลดระดับแรงดันให้มีค่าเท่ากับ 1.11 โวลต์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายให้กับเซนเซอร์



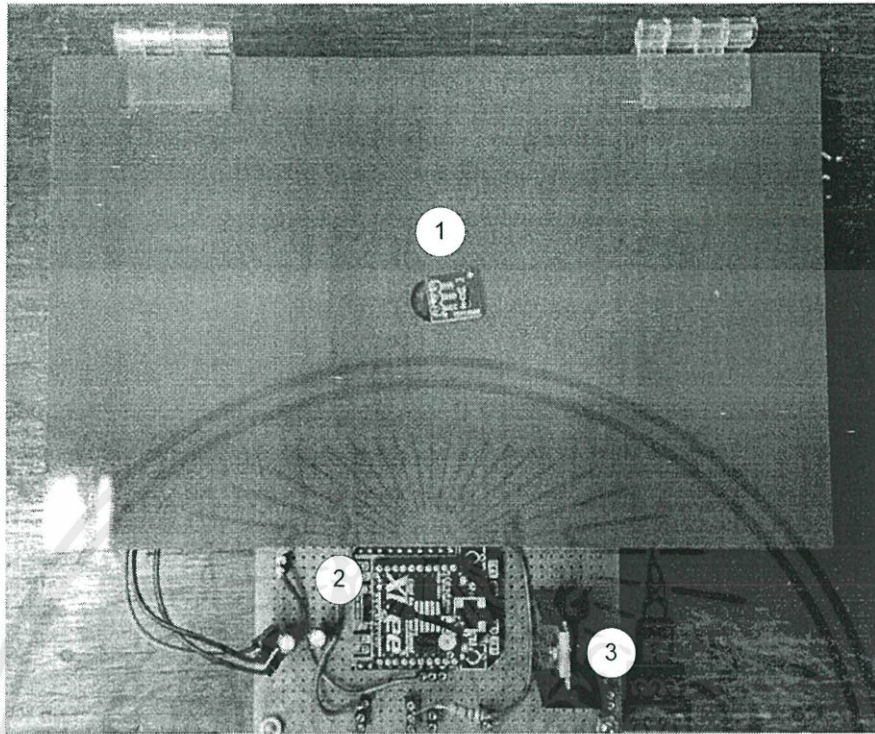
รูปที่ 3.6 วงจรแบ่งแรงดัน

แรงดันขาออกของเซนเซอร์จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.11 โวลต์ ตามระดับความเข้มแสงที่ตรวจจับได้ สัญญาณแรงดันขาออกจะถูกต่อผ่านตัวเก็บประจุขนาด $0.1\mu\text{F}$ และ $10\mu\text{F}$ เพื่อให้แรงดันขาออกมีค่าเรียบและลดการแกว่งของสัญญาณแรงดัน สัญญาณที่ได้จะเป็นอินพุตให้กับชิคปีที่ขา 17 จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปยังชิคปีตัวรับสัญญาณที่ติดตั้งอยู่บนไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรการรับสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3.7 และ 3.8 โดยสัญญาณที่ส่งจะมีอัตราการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ (Sampling) ตามที่ได้กำหนดไว้



รูปที่ 3.7 วงจรการรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



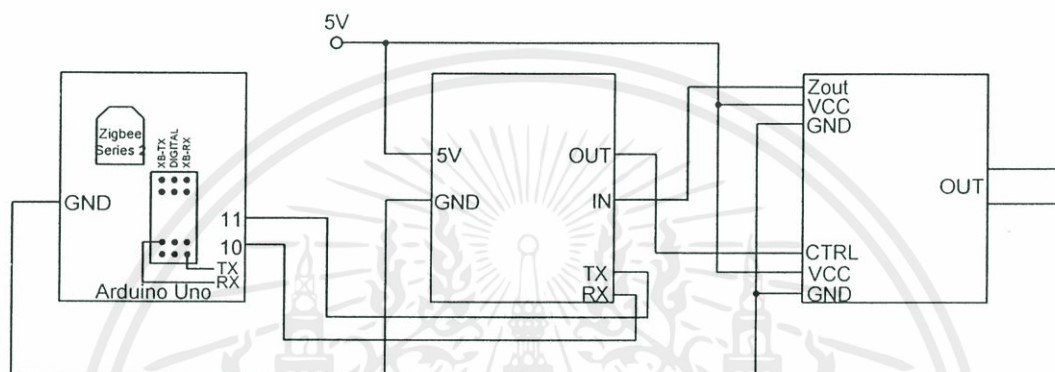
รูปที่ 3.8 ส่วนของการรับสัญญาณ

- หมายเลข 1 เซ็นเซอร์วัดค่าความสว่าง มีหน้าที่วัดความเข้มแสงสว่างของหลอดบนพื้นที่ใช้งาน และส่งข้อมูลให้กับชิปตัวส่งสัญญาณ ค่าที่วัดได้จะอยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
- หมายเลข 2 ชิปปิดตัวส่งสัญญาณ มีหน้าที่ รับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซ็นเซอร์และส่งต่อให้กับชิปตัวรับสัญญาณ
- หมายเลข 3 ไอซีเบอร์ 1117T มีหน้าที่แปลงแรงดันให้มีขนาดคงที่ที่ 3.3 โวลต์ เนื่องจากชิปต้องการแหล่งจ่ายขนาด 3.3 โวลต์

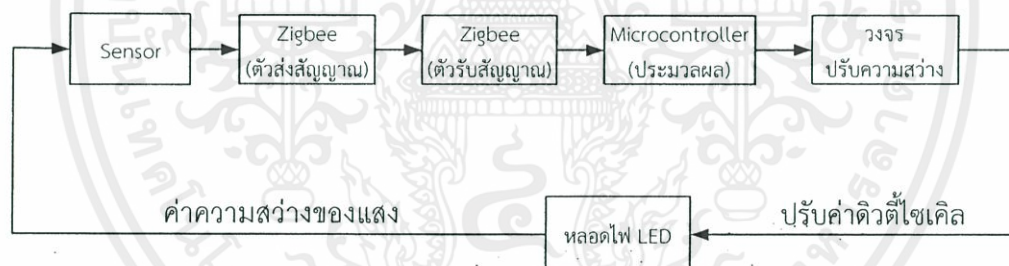
3.5 วงจรส่วนของการประมวลผลและปรับความสว่างของแสง

เมื่อชิปตัวรับได้รับสัญญาณข้อมูลจากชิปตัวส่งข้อมูลครบทุกตัวแล้วจะนำค่ามาที่ได้มาประมวลผลเป็นค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงสว่างและกำหนดเงื่อนไขในการหรีไฟ ข้อมูลเงื่อนไขที่ได้เอกสารนี้จะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดการปรับค่าตัวดีไซเคิลและส่งต่ออำนาจการคำนวณให้กับวงจรปรับค่าความสว่างของแสง แรงดันขาออกที่ได้จะมีขนาดมากน้อยตามความเข้มของแสงที่ตรวจจับได้ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.9 และ 3.10

ในส่วนของวงจรปรับความสว่างจะสร้างสัญญาณ โดยใช้หลักการจุดตัดศูนย์ (Zero-crossing) ทุกๆ 10 มิลลิวินาที เพื่อเป็นการกำหนดไม่ให้เกิดการเลื่อนของแรงดัน เกิดจากเวลา ไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าไม่เท่ากับเวลาของแรงดันไซน์ จึงมีความจำเป็นต้องใช้สัญญาณที่ได้จาก หลักการจุดตัดศูนย์ สัญญาณควบคุมที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่สองจะเป็นสัญญาณให้กับ ไตรแอก (Triac) ในการปรับความสว่างเพื่อกำหนดการเปิดหรือปิดของไตรแอก ทำให้ได้รูปคลื่นไซน์ที่ ถูกตัดตรงมุมจุดชนวนที่กำหนดทำให้หลอดได้รับสัญญาณในการปรับความสว่างที่แตกต่างกัน



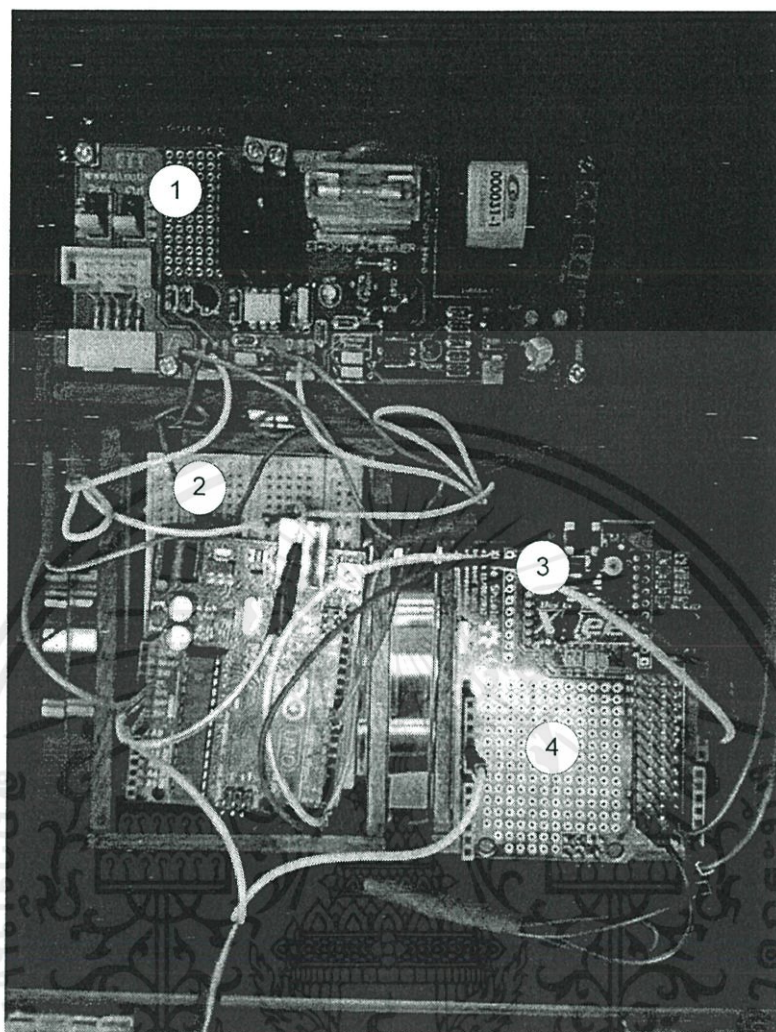
รูปที่ 3.9 วงจรส่วนการประมวลผลและวงจรปรับค่าความสว่าง



รูปที่ 3.10 แผนผังแสดงการทำงานของส่วนของการประมวลผลและปรับความสว่าง

ค่าความสว่างของแสงจะถูกตรวจจับโดยใช้เซนเซอร์และส่งค่าแรงดันให้กับชิปบี ตัวส่งสัญญาณ ข้อมูลที่ได้จะถูกส่งต่อไปยังชิปบีตัวรับสัญญาณ สัญญาณข้อมูลที่ได้จะประมวลผลใน ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อกำหนดมุมจุดชนวนให้กับวงจรการปรับความสว่างของแสง แรงดันขาออก ที่ได้จะเป็นอินพุตให้กับหลอดไฟ

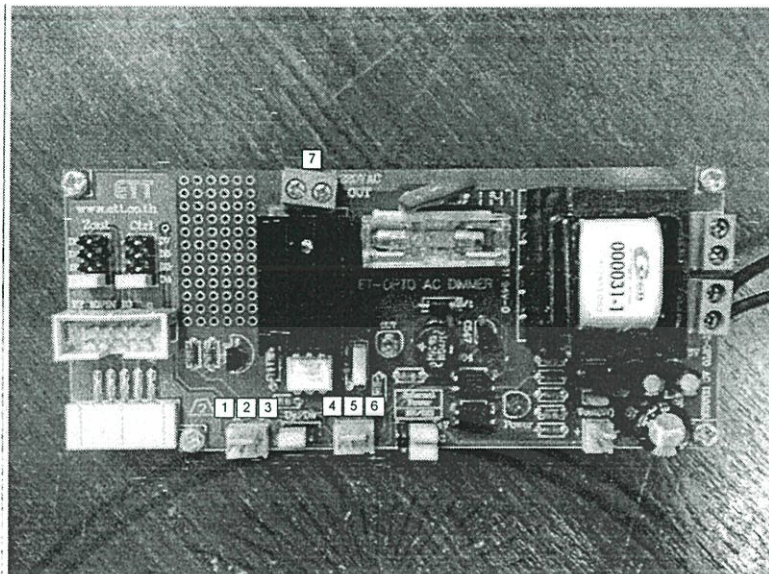
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ส่วนของการรับสัญญาณและปรับความสว่าง

- หมายเลข 1 วงจรปรับความสว่างของแสง มีหน้าที่ปรับความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงให้มีค่าเหมาะสมตามคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์
- หมายเลข 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 มีหน้าที่รับเงื่อนไขของการปรับความสว่างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1
- หมายเลข 3 ชิปตัวรับสัญญาณ มีหน้าที่รับค่าแสงสว่างจากชิปตัวส่งสัญญาณ
- หมายเลข 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 มีหน้าที่รับค่าแสงสว่างจากชิปตัวรับสัญญาณ เพื่อนำมาประมวลผลค่าทางแสงสว่างว่ามีค่าที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานหรือไม่

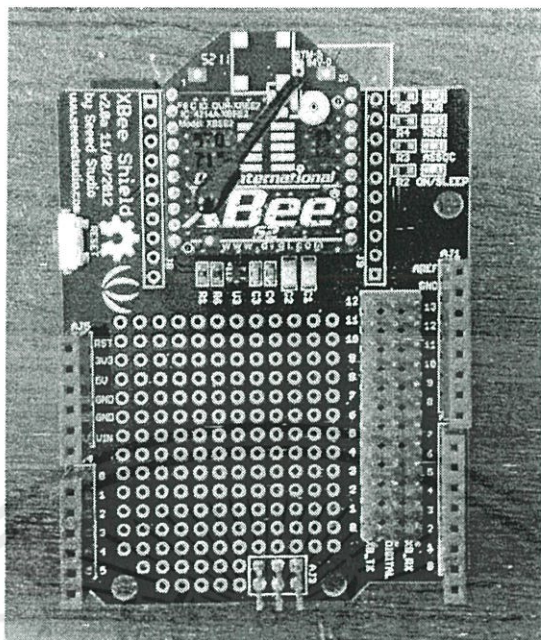
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรปรับความสว่างของแสง

- หมายเลข 1 : Zout มีหน้าที่ส่งสัญญาณ Zero Crossing ทุกๆครึ่งรูปคลื่นไซน์ (10ms) เพื่อเป็นสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำไปควบคุมการตัดรูปคลื่นไซน์
- หมายเลข 2 : Vcc แหล่งจ่ายในส่วนควบคุมของวงจรปรับความสว่างของแสง ซึ่งต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์
- หมายเลข 3 : GND กราวด์ในส่วนควบคุมของวงจรปรับความสว่างของแสง
- หมายเลข 4 : Ctrl ขารับสัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปคลื่นพัลส์ที่มี Duty Cycle ตามต้องการ
- หมายเลข 5 : Vcc แหล่งจ่ายในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์
- หมายเลข 6 : GND กราวด์ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์
- หมายเลข 7 : Vout ส่วนที่ต่อกับหลอดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งสัญญาณที่ออกจะมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ที่ถูกตัดไปที่มุมต่างๆตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



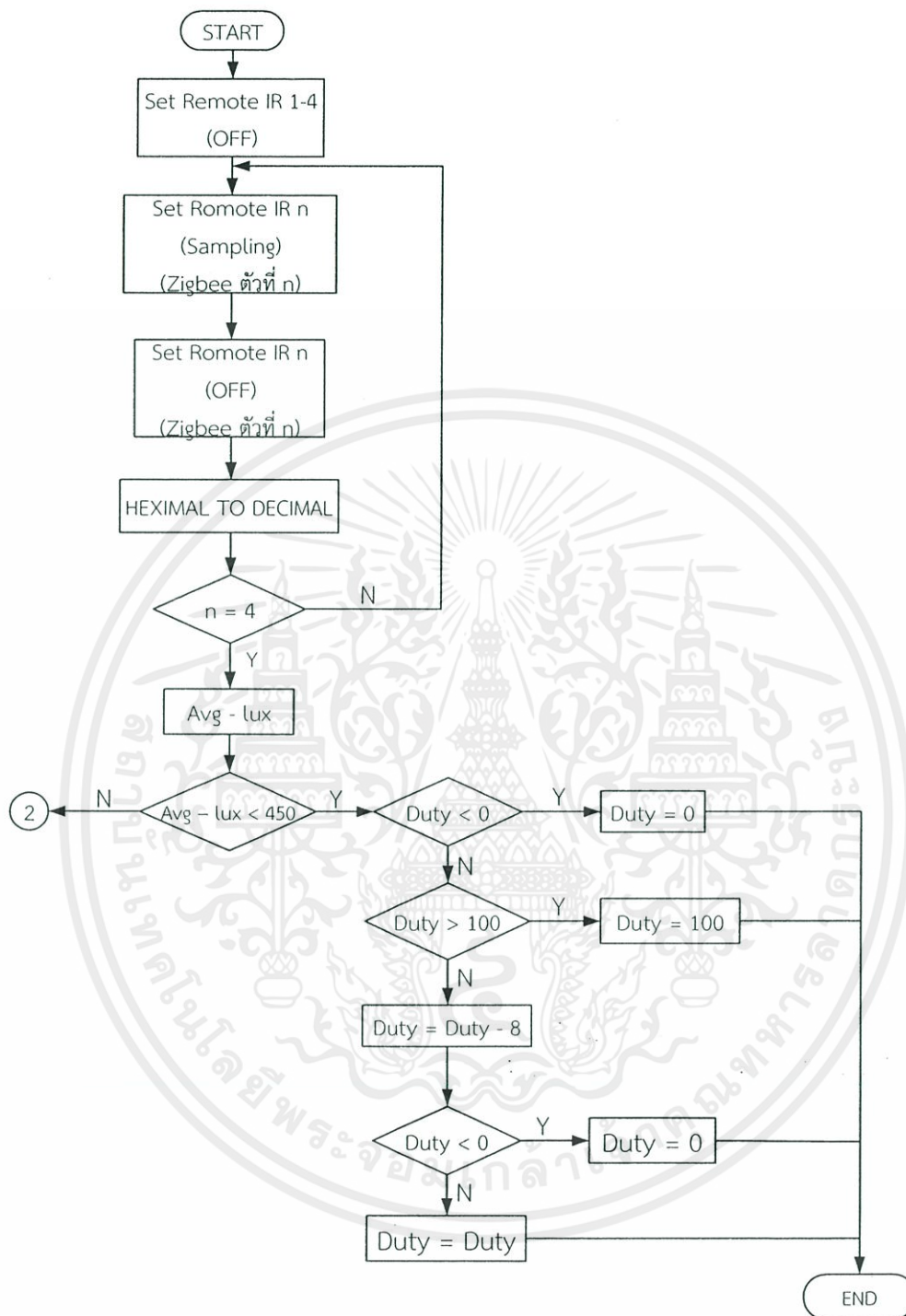
รูปที่ 3.13 ส่วนของการรับสัญญาณควบคุมและประมวลผล

ส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ 4 และส่งข้อมูลให้กับหน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปกำหนดเงื่อนไขของการปรับความสว่างของแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง แสดงดังรูปที่ 3.13

3.6 ลำดับขั้นตอนการทำงาน (Flowchart)

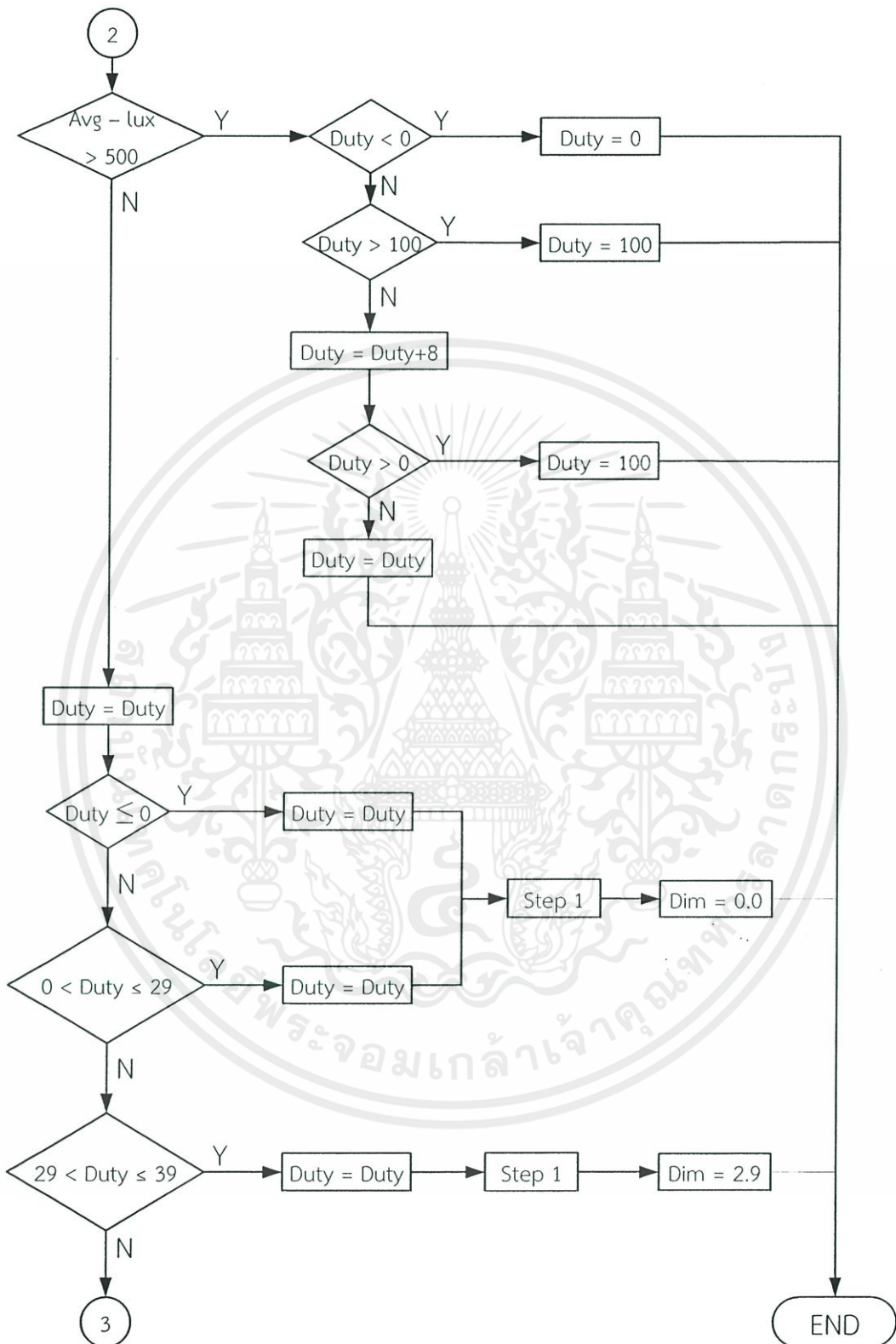
เริ่มต้นจะส่งสัญญาณให้ชิปตัวส่งข้อมูลให้ทำการปิดโหมตการสุ่มตัวอย่างสัญญาณของตัวที่ 1 ถึงตัวที่ 4 (ตามจำนวนของเซนเซอร์) เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าเซนเซอร์ทั้งหมดพร้อมที่จะใช้งานหรือไม่ จากนั้นจะทำการเปิดโหมตการสุ่มตัวอย่างสัญญาณของตัวที่ 1 และสั่งให้ชิปตัวส่งข้อมูลทำการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ ค่าให้กับชิปตัวรับข้อมูลและทำการปิดโหมตการสุ่มตัวอย่างสัญญาณของตัวที่ 1 ต่อจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการแปลงข้อมูลจากเลขฐาน 16 ไปเป็นเลขฐาน 10 ทำซ้ำจนครบตามจำนวนเซนเซอร์ที่มีทั้งหมด เมื่อทำจนครบตามจำนวนเซนเซอร์ทั้ง 4 ตัวแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเฉลี่ยค่าจากเซนเซอร์ทั้งหมดและตรวจสอบเงื่อนไขว่าค่าความเข้มแสงมีค่าน้อยกว่า 450 ลักซ์ มากกว่า 500 ลักซ์ หรืออยู่ระหว่าง 450-500 ลักซ์ ถ้าเข้าเงื่อนไขไหนก็จะทำการปรับค่าตัวตั้งไซเคิลและส่งสัญญาณการปรับค่าไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 และทำการปรับค่าความสว่าง ซึ่งระดับของการปรับค่าความสว่างมีทั้งหมด 7 ชั้น ที่ตัวตั้งไซเคิลเท่ากับ 0% 29% 39% 49% 59% 69% และ 99% ซึ่งขึ้นกับค่าความสว่างที่ตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

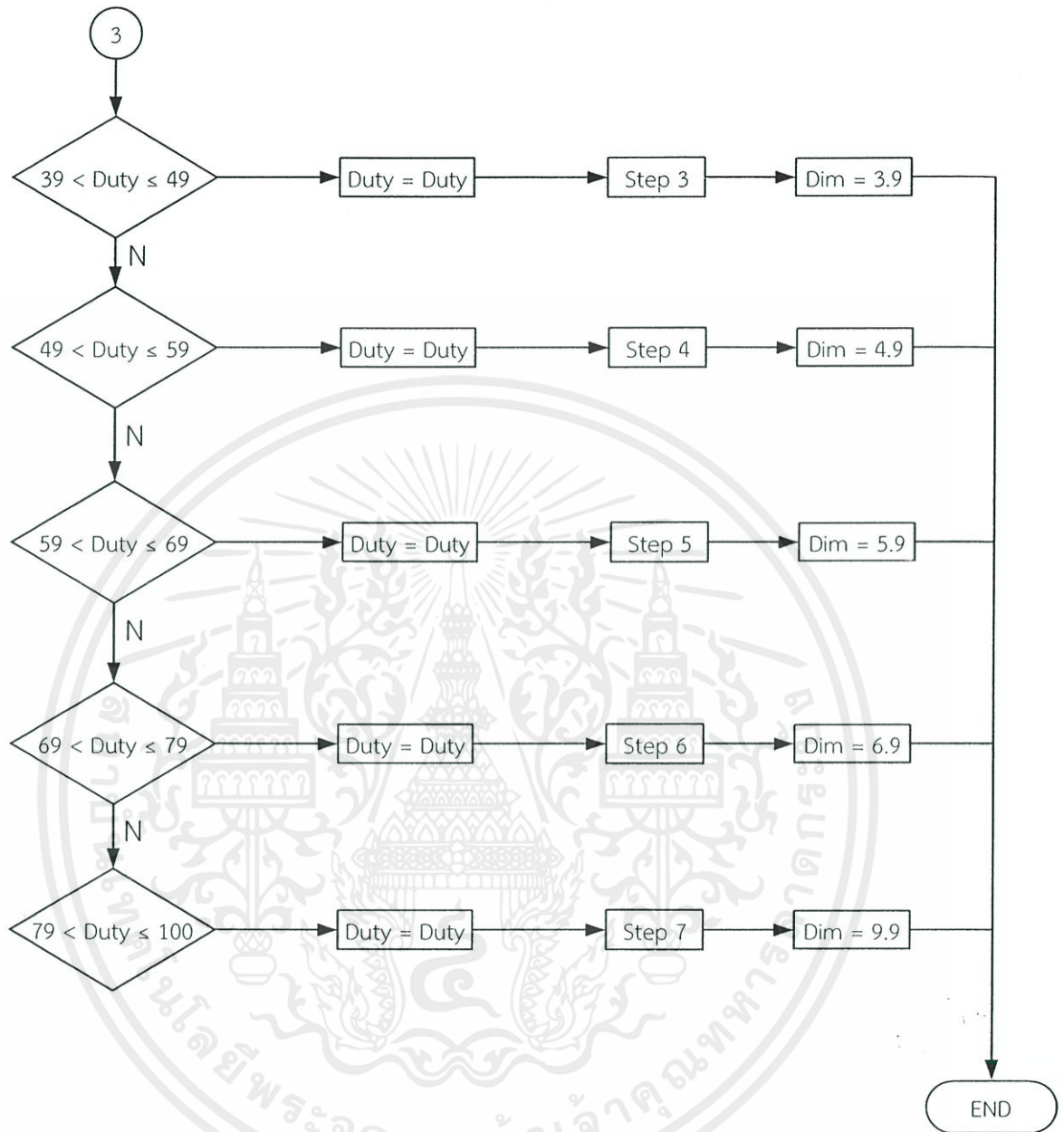


รูปที่ 3.14 ลำดับขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.14 ลำดับขั้นตอนการทำงาน (ต่อ)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ลำดับขั้นตอนการทำงาน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การศึกษาด้านพลังงาน

งานวิจัยนี้ทำการทดลองในเรื่องของการประหยัดพลังงานและความสามารถในการปรับแสงสว่างแบบอัตโนมัติบนพื้นที่ใช้งานว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงสามารถหรีไฟเพื่อให้เข้ากับแสงสว่างจากภายนอกได้หรือไม่ เพื่อให้ได้ค่าความเข้มแสงบนพื้นที่ใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้งานโดยในการทดลองนั้นจะทำการเพิ่มระดับความสว่างจากภายนอกบนพื้นที่ทำงาน โดยใช้โคมไฟแทรคไลท์ (Track Light) โคมไฟดาวนไลท์ (Downlight) และหลอดไฟลูออเรสเซนต์ ที่อยู่บริเวณรอบ ๆ พื้นที่ทำงาน ในการจำลองแสงแทนแสงสว่างจากภายนอก ดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 เนื่องจากในห้องที่ทำการทดลองนั้นไม่สามารถรับแสงสว่างจากภายนอกได้อย่างเต็มที่ จึงใช้โคมไฟแทรคไลท์ โคมไฟดาวนไลท์และหลอดไฟลูออเรสเซนต์ฉายแสงลงบนพื้นที่ทำงานแทนแสงสว่างจากภายนอก โดยสามารถปรับระดับความสว่างได้จากการปรับมุมมองในการฉายแสงของโคมไฟแทรคไลท์และการเปิด ปิดของหลอดไฟลูออเรสเซนต์และโคมไฟดาวนไลท์เพื่อให้ได้ค่าความสว่างที่ต้องการ ซึ่งภายในห้องจะติดตั้งโคมไฟแทรคไลท์ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 6 ตัว หลอดไฟลูออเรสเซนต์ทั้งหมด 7 โคม และโคมไฟดาวนไลท์ทั้งหมด 4 ดวง

ดังนี้

การทดลองโดยจำลองแสงจากแสงภายนอกสามารถแบ่งกรณีการทดลองออกเป็น 3 กรณี

1. กรณีความเข้มแสงคงที่ที่ 350 – 400 ลักซ์สามารถแบ่งได้ 5 กรณีดังนี้
 - 1.1 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด
 - 1.2 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด
 - 1.3 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด
 - 1.4 กรณีเปิดโคมแทรคไลท์
 - 1.5 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและโคมแทรคไลท์ 6 หลอด
2. กรณีความเข้มแสงคงที่ที่ 400 – 450 ลักซ์สามารถแบ่งได้ 5 กรณีดังนี้
 - 2.1 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด
 - 2.2 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด
 - 2.3 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด
 - 2.4 กรณีเปิดโคมแทรคไลท์
 - 2.5 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและโคมแทรคไลท์ 6 หลอด
3. กรณีความเข้มแสงคงที่ที่ 450 – 500 ลักซ์สามารถแบ่งได้ 5 กรณีดังนี้
 - 3.1 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

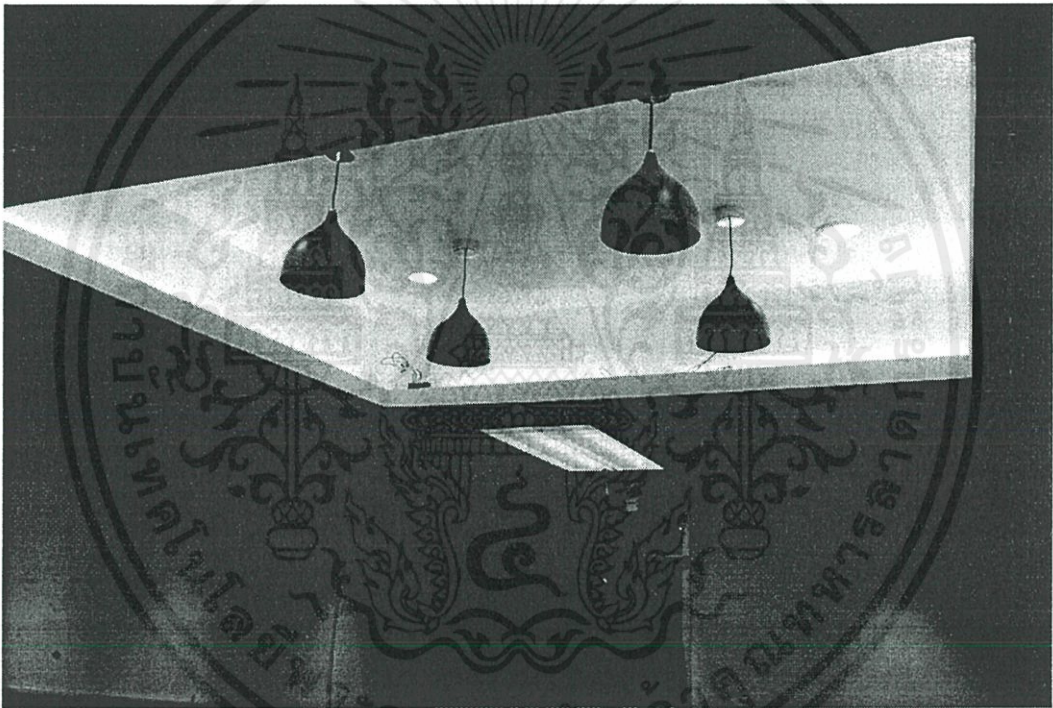
3.2 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด

3.3 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด

3.4 กรณีเปิดคอมแทรคไลท์

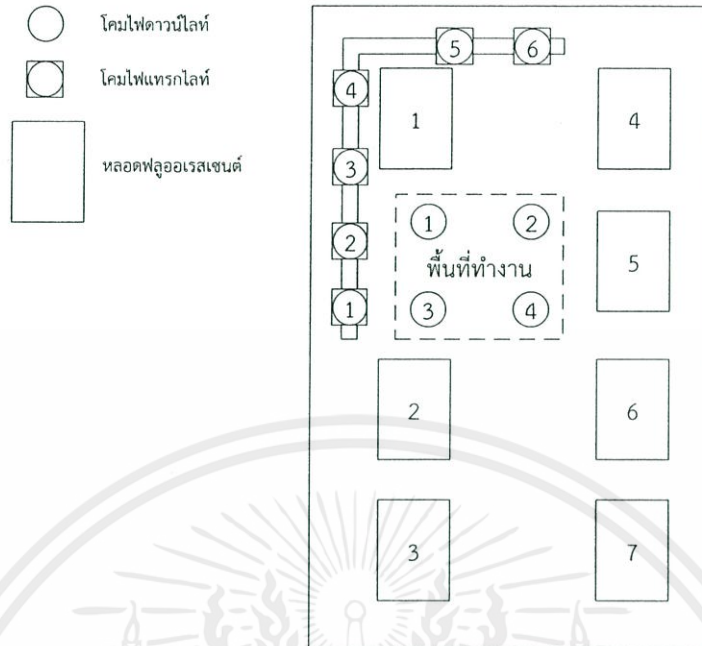
3.5 กรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและคอมแทรคไลท์ 6 หลอด

จากกรณีศึกษาข้างต้น ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.1-4.7 สำหรับกรณีความเข้มแสงคงที่ที่ 350 – 400 ลักซ์ ตารางที่ 4.8-4.14 สำหรับกรณีความเข้มแสงคงที่ที่ 400 – 450 ลักซ์ และตารางที่ 4.15-4.21 สำหรับกรณีความเข้มแสงคงที่ที่ 450 – 500 ลักซ์ โดยพื้นที่ทำการทดลองแสดงในรูปที่ 4.1 และแผนผังตำแหน่งหลอดไฟของห้องทดลองแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 ห้องทดลองจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนผังตำแหน่งหลอดไฟของห้องทดลอง

4.1.1 ความเข้มแสงคงที่ที่ 350 – 400 ลักซ์

ในการทดลองนี้จะทำการแบ่งกรณีการทดลองออกเป็น 5 กรณีได้แก่

4.1.1.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์
ที่ตำแหน่ง 1, 2, 4, 5 และ 6 ดังในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด กรณีคงค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออเรสเซนต์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1	37	100.67	137.67	ไม่หรี	-
2	25	102.34	127.34	ไม่หรี	-
4	0	102.87	102.87	ไม่หรี	-
5	18.84	115.28	134.12	ไม่หรี	-
6	0	101.54	101.54	ไม่หรี	-

จากตารางที่ 4.1 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 350 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.1.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ตำแหน่ง 1 กับ 6, 2 กับ 4, 4 กับ 6 และ 1 กับ 2 ดังในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออเรสเซนต์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 6	44.56	112.62	157.18	ไม่หรี	-
2, 4	6.32	109.18	115.50	ไม่หรี	-
4, 6	18.84	104.64	123.48	ไม่หรี	-
1, 2	35.92	114.83	150.75	ไม่หรี	-

จากตารางที่ 4.2 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 350 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.1.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 4, 6 ดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออเรสเซนต์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 4, 6	84.02	109.3	193.32	ไม่หรี	-

จากตารางที่ 4.3 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 350 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.1.4 โคมแทรกไลท์

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมแทรกไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 3, 4 กับ 4, 5, 6 และ 1, 2, 3, 4, 5, 6 ดังในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมแทรกไลท์กรณีค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์

ตำแหน่งโคมแทรกไลท์	ความเข้มแสงของโคมแทรกไลท์(ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง(ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน(ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 3, 4	218.81	103.75	322.56	ไม่หรี่	-
4, 5, 6	75.82	104.86	180.68	ไม่หรี่	-
1, 2, 3, 4, 5, 6	311.26	88.45	399.71	หรี่	1.17

จากตารางที่ 4.4 ในกรณีที่เปิดโคมแทรกไลท์ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงานมีค่าเกิน 400ลักซ์ ส่งผลให้หลอดไดโอดเปล่งแสงทำการปรับความสว่างลงจาก 104.86 ลักซ์ เป็น 88.45 ลักซ์ ส่งผลให้กรณีนี้เกิดการประหยัดพลังงาน

4.1.5 โคมดาวน์ไลท์ 4 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมดาวน์ไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 3, 4 ดังในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมดาวน์ไลท์ 4 หลอดกรณีค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์

โคมดาวน์ไลท์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมแทรกไลท์(ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง(ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน(ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 3, 4	67.17	103.09	170.26	ไม่หรี่	-

จากตารางที่ 4.5 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 350 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.6 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและโคมแทรกไลท์ 6 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมแทรกไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 4, 6 และ 1, 2, 3, 4, 5, 6 ดังในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและโคมแทรกไลท์ 6 หลอด กรณีคงค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมแทรกไลท์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมแทรกไลท์(ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง(ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน(ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว(นาที)
1, 2, 4, 6 และ 1, 2, 3, 4, 5, 6	423.65	3.32	420.33	ดับ	2.05

จากตารางที่ 4.6 เนื่องจากแสงจากภายนอกมีค่าเกิน 400 ลักซ์ ส่งผลให้หลอดไดโอดเปล่งแสงเกิดการหรี่ลงจนหลอดดับใช้เวลาทั้งหมด 2.06 นาทีทำให้ในกรณีนี้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุด

4.1.1.7 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรกไลท์ 6 หลอดและโคมดาวนไลท์ 4 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์โคมแทรกไลท์และโคมดาวนไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 3, 4 กับ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 1, 2, 3, 4 ตามลำดับดังในตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรคไลท์ 6 หลอดและโคมดาวนไลท์ 4 หลอด กรณีคงค่าความเข้มแสง 350 – 400 ลักซ์

ตำแหน่งหลอด ฟลูออเรสเซนต์โคม แทรคไลท์ และโคมดาวนไลท์	ความเข้มแสง ของหลอด ฟลูออเรสเซนต์ โคมแทรคไลท์ และดาวนไลท์ (ลักซ์)	ความเข้มแสง ของหลอด ไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสง บนพื้นที่ ทำงาน (ลักซ์)	สถานะ ของหลอด ไดโอด เปล่งแสง	เวลาเข้าสู่ สภาวะ คงตัว (นาที)
1, 2, 4, 6 กับ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 1, 2, 3, 4	470.87	13.84	484.17	ดับ	2.05

จากตารางที่ 4.7 เนื่องจากแสงจากภายนอกมีค่าเกิน 400 ลักซ์ ส่งผลให้หลอดไดโอดเปล่งแสงเกิดการหรี่ลงจนหลอดดับใช้เวลาทั้งหมด 2.06 นาทีทำให้ในกรณีนี้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุด



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (วัตต์) และเวลา (นาที)

ในกรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรคไลท์ 6 หลอดและโคมดาวนไลท์ 4 หลอด โดยคงค่าความสว่างที่ 350 – 400ลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่ 4.1.1-4.1.7 วงจรปรับความสว่างของแสงสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คือ ความเข้มแสงคงที่ที่ 350 – 400 ลักซ์ และค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงตามความเข้มแสงจากภายนอก คือ ถ้าความเข้มแสงจากภายนอกมีค่ามากขึ้นความเข้มแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าลดลงมีผลทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีค่าลดลง โดยหลอดไฟฟ้าเกิดการปรับระดับเมื่อเปิดคอมแทรคไลท์ คอมฟลูออเรสเซนต์และดาวนไลท์ ในเงื่อนไขที่ความเข้มแสงมีค่าน้อยกว่า 350 ลักซ์หรือมีค่าเกินกว่า 400 ลักซ์ในด้านพลังงานแสงในรูปที่ 4.3

กรณีที่ไม่มีไฟมีการใช้พลังงานเท่ากับ $28 \times 2.2 = 61.6$ วัตต์-นาท

กรณีที่หรีไฟมีการใช้พลังงานเท่ากับ $(28 \times 1.4) + (26 \times 0.3) + (21 \times 0.3) + (16 \times 0.3) = 58.1$

ดังนั้นทำให้ประหยัดพลังงานเท่ากับ 5.68%

4.1.2 ความเข้มแสงคงที่ที่ 400 – 450 ลักซ์

ในการทดลองนี้จะทำการแบ่งกรณีการทดลองออกเป็น 5 กรณีได้แก่

4.1.2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 4, 5 และ 6 ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออ-เรสเซนต์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาท)
1	36.4	100.22	136.62	ไม่หรี	-
2	25.7	101.55	127.25	ไม่หรี	-
4	0	101.34	101.34	ไม่หรี	-
5	19.3	117.53	136.83	ไม่หรี	-
6	0	101.78	101.78	ไม่หรี	-

จากตารางที่ 4.8 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่า

ความเข้มแสงไม่ถึง 400 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณี

นี้ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยฯ ถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ตำแหน่ง 1 กับ 6, 2 กับ 4, 4 กับ 6 และ 1 กับ 2 ดังในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออ-เรสเซนต์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 6	43.32	109.44	152.76	ไม่หรี่	-
2, 4	5.78	111.72	117.50	ไม่หรี่	-
4, 6	17.11	105.32	122.43	ไม่หรี่	-
1, 2	37.74	109.84	147.58	ไม่หรี่	-

จากตารางที่ 4.9 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 400 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.2.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 4, 6 ดังในตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออ-เรสเซนต์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 4, 6	82.56	107.43	189.99	ไม่หรี	-

จากตารางที่ 4.10 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 400 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.2.4 โคมแทรคไลท์

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมแทรคไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 3, 4 กับ 4, 5, 6 และ 1, 2, 3, 4, 5, 6 ดังในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมแทรคไลท์ กรณีคงค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์

ตำแหน่งโคมแทรคไลท์	ความเข้มแสงของโคมแทรคไลท์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 3, 4	205.34	106.23	311.57	ไม่หรี	-
4, 5, 6	72.78	104.46	177.24	ไม่หรี	-
1, 2, 3, 4, 5, 6	309.93	93.80	403.73	หรี	1.02

จากตารางที่ 4.11 ในกรณีที่เปิดโคมแทรคไลท์ 1, 2, 3, 4, 5, 6 แสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าเกิน 450 ลักซ์ ส่งผลให้หลอดไดโอดเปล่งแสงทำการปรับความสว่างลงจาก 104.46 ลักซ์ เป็น 93.80 ลักซ์ ส่งผลให้กรณีนี้เกิดการประหยัดพลังงานจากการนำไฟ

4.1.2.5 โคมดาวนไลท์ 4 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมดาวนไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 3, 4 ดังในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมดาวนไลท์ 4 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์

โคมดาวนไลท์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมแทรคไลท์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 3, 4	69.43	101.55	170.98	ไม่หรี	-

จากตารางที่ 4.12 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 400 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.2.6 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและโคมแทรคไลท์ 6 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมแทรคไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 4, 6 และ 1, 2, 3, 4, 5, 6 ตามลำดับ ดังในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและโคมแทรคไลท์ 6 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมแทรคไลท์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมแทรคไลท์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 4, 6 และ 1, 2, 3, 4, 5, 6	413.01	4.27	417.28	ดับ	2.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.13 เนื่องจากแสงจากภายนอกมีค่าความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 400-450 ลักซ์ซึ่งเป็นช่วงที่มีความสว่างเพียงพอต่อความต้องการส่งผลให้หลอดไดโอดเปล่งแสงเกิดการหรี่จนหลอดดับใช้เวลาทั้งหมด 2.09 นาทีทำให้ในกรณีนี้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุด

4.1.2.7 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรคไลท์ 6 หลอดและโคมดาวนไลท์ 4 หลอด

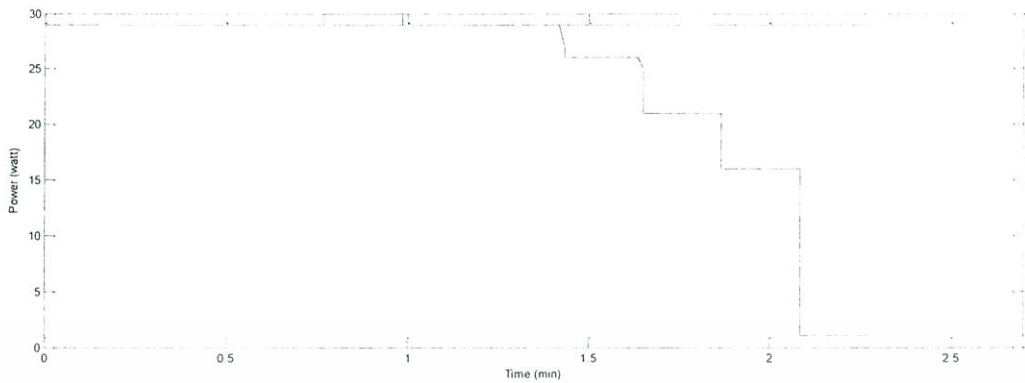
ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ โคมแทรคไลท์และโคมดาวนไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 3, 4 กับ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 1, 2, 3, 4 ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรคไลท์ 6 หลอดและโคมดาวนไลท์ 4 หลอดกรณีค่าความเข้มแสง 400 – 450 ลักซ์

ตำแหน่งหลอด ฟลูออเรสเซนต์ โคมแทรคไลท์และ โคมดาวนไลท์	ความเข้มแสง ของหลอด ฟลูออเรสเซนต์ โคมแทรคไลท์และ โคมดาวนไลท์(ลักซ์)	ความเข้มแสง ของหลอด ไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสง บนพื้นที่ ทำงาน (ลักซ์)	สถานะ ของหลอด ไดโอด เปล่งแสง	เวลาเข้าสู่ สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 4, 6 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 1, 2, 3, 4	484.41	3.56	480.85	ดับ	2.02

จากตารางที่ 4.14 เนื่องจากแสงจากภายนอกมีค่าความเข้มแสงมีค่าเกินกว่า 450 ลักซ์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีความสว่างเพียงพอต่อความต้องการส่งผลให้หลอดไดโอดเปล่งแสงเกิดการหรี่จนหลอดดับใช้เวลาทั้งหมด 2.02 นาทีทำให้ในกรณีนี้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (วัตต์) และเวลา (นาที)

ในกรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแตรคไลท์ 6 หลอดและโคมดาวน์ไลท์ 4 หลอด

โดยคงค่าความสว่างที่ 400-450ลักซ์

จากผลการทดลองที่ 4.2.1-4.2.7 วงจรปรับความสว่างของแสงสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คือ ความเข้มแสงคงที่ที่ 400 – 450 ลักซ์ และค่าพลังงานไฟฟ้าจะลดลงตามความเข้มแสงจากภายนอก คือ ถ้าความเข้มแสงจากภายนอกมีค่ามากขึ้นความเข้มแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงจะมีค่าลดลงมีผลทำให้พลังงานไฟฟ้ามีค่าลดลง โดยหลอดไฟฟ้าจะเกิดการปรับระดับเมื่อเปิดโคมแตรคไลท์ โคมฟลูออเรสเซนต์และโคมดาวน์ไลท์ในเงื่อนไขที่ความเข้มแสงมีค่าน้อยกว่า 400 ลักซ์หรือมีค่าเกินกว่า 450 ลักซ์ในด้านพลังงานแสดงในรูปที่ 4.4

กรณีที่ไม่หรี่ไฟจะใช้พลังงานเท่ากับ $28 \times 2.2 = 61.6$ วัตต์-นาที

กรณีที่หรี่ไฟจะใช้พลังงานเท่ากับ $(28 \times 1.4) + (26 \times 0.3) + (21 \times 0.3) + (16 \times 0.3) = 58.1$ ดังนั้นทำให้ประหยัดพลังงานเท่ากับ 5.68%

4.1.3 ความเข้มแสงคงที่ที่ 450 – 500 ลักซ์

ในการทดลองนี้จะทำการแบ่งกรณีการทดลองออกเป็น 5 กรณีได้แก่

4.1.3.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 4, 5 และ 6 ดังในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออเรสเซนต์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1	42.45	103.22	145.67	ไม่หรี่	-
2	21.12	105.35	126.47	ไม่หรี่	-
4	0	102.74	102.74	ไม่หรี่	-
5	17.68	101.45	119.13	ไม่หรี่	-
6	0	112.57	112.57	ไม่หรี่	-

จากตารางที่ 4.15 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 450 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.3.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ตำแหน่ง 1 กับ 6, 2 กับ 4, 4 กับ 6 และ 1 กับ 2 ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออเรสเซนต์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 6	39.79	108.24	148.03	ไม่หรี่	-
2, 4	5.33	107.57	112.90	ไม่หรี่	-
4, 6	19.45	104.66	124.11	ไม่หรี่	-
1, 2	32.65	109.56	142.21	ไม่หรี่	-

จากตารางที่ 4.16 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 450 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.3.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 4, 6 ดังในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์

ตำแหน่งหลอดฟลูออเรสเซนต์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์(ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง(ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 4, 6	86.21	102.66	188.87	ไม่หรี	-

จากตารางที่ 4.17 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 450 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.3.4 โคมแทรคไลท์

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมแทรคไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 3, 4 กับ 4, 5, 6 และ 1, 2, 3, 4, 5, 6 ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมแทรคไลท์ กรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์

ตำแหน่งโคมแทรคไลท์	ความเข้มแสงของโคมแทรคไลท์(ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง(ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 3, 4	222.53	102.45	324.98	ไม่หรี	-
4, 5, 6	77.34	105.12	182.46	ไม่หรี	-
1, 2, 3, 4, 5, 6	305.93	103.34	409.27	ไม่หรี	-

จากตารางที่ 4.18 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 450 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.3.5 โคมดาวนไลท์ 4 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมดาวนไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 3, 4 ดังในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดโคมดาวนไลท์ 4 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์

โคมดาวนไลท์	ความเข้มแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมแทรคไลท์ (ลักซ์)	ความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	สถานะของหลอดไดโอดเปล่งแสง	เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว (นาที)
1, 2, 3, 4	63.42	101.83	165.25	ไม่หรี	-

จากตารางที่ 4.19 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงไม่ถึง 450 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.3.6 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและโคมแทรคไลท์ 6 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์และโคมแทรคไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 4, 6 และ 1, 2, 3, 4, 5, 6 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดและ โคมแทรคไลท์ 6 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์

ตำแหน่งหลอด ฟลูออเรสเซนต์ และ โคมแทรคไลท์	ความเข้มแสงของ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และโคมแทรคไลท์ (ลักซ์)	ความเข้มแสง ของหลอด ไดโอด เปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสง บนพื้นที่ ทำงาน (ลักซ์)	สถานะ ของหลอด ไดโอด เปล่งแสง	เวลา เข้าสู่ สภาวะ คงตัว (นาที)
1, 2, 4, 6 และ 1, 2, 3, 4, 5, 6	388.85	102.01	490.86	ไม่หรี่	-

จากตารางที่ 4.20 เนื่องจากแสงจากภายนอกและหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 450 – 500 ลักซ์ หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่เกิดการปรับความสว่างของแสงทำให้ในกรณีนี้ไม่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน

4.1.3.7 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรคไลท์ 6 หลอด และโคมดาวนไลท์ 4 หลอด

ในการทดลองนี้ได้จำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ โคมแทรคไลท์และโคมดาวนไลท์ที่ตำแหน่ง 1, 2, 3, 4 กับ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 1, 2, 3, 4 ตามลำดับดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 การจำลองแสงจากภายนอกโดยการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรคไลท์ 6 หลอดและโคมดาวนไลท์ 4 หลอดกรณีคงค่าความเข้มแสง 450 – 500 ลักซ์

ตำแหน่งหลอด ฟลูออเรสเซนต์ โคมแทรคไลท์ และ โคมดาวนไลท์	ความเข้มแสงของ หลอดฟลูออเรสเซนต์ โคมแทรคไลท์และโคมดาวนไลท์ (ลักซ์)	ความเข้มแสง ของหลอด ไดโอดเปล่งแสง (ลักซ์)	ความเข้มแสง บนพื้นที่ ทำงาน (ลักซ์)	สถานะ ของหลอด ไดโอด เปล่งแสง	เวลา เข้าสู่ สภาวะ คงตัว (นาที)
1, 2, 4, 6 และ 1, 2, 3, 4, 5, 6	479.52	22.48	502	ดับ	2.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.21 เนื่องจากแสงจากภายนอกมีค่าความเข้มแสงมีค่าเกินกว่า 450 ลักซ์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีความสว่างเพียงพอต่อความต้องการส่งผลให้หลอดไดโอดเปล่งแสงทำการปรับความสว่างลงจาก 102.01 ลักซ์ เป็น 22.48 ลักซ์ ใช้เวลาทั้งหมด 2.08 นาที ทำให้ในกรณีนี้เกิดการประหยัดพลังงาน



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (วัตต์) และเวลา (นาที)

ในกรณีเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอด โคมแทรกไลท์ 6 หลอดและโคมดาวไลท์ 4 หลอด โดยคงค่าความสว่างที่ 450 – 500 ลักซ์

จากผลการทดลองที่ 4.1.3.1 – 4.1.3.7 วงจรปรับความสว่างของแสงสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คือ ความเข้มแสงคงที่ที่ 450 – 500 ลักซ์ และค่าพลังงานไฟฟ้าจะลดลงตามความเข้มแสงจากภายนอก คือ ถ้าความเข้มแสงจากภายนอกมีค่ามากขึ้นความเข้มแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงจะมีค่าลดลงมีผลทำให้พลังงานไฟฟ้ามีค่าลดลง โดยหลอดไฟฟ้าจะเกิดการปรับระดับเมื่อเปิดโคมแทรกไลท์และโคมฟลูออเรสเซนต์ในเงื่อนไขที่ความเข้มแสงมีค่าน้อยกว่า 450 ลักซ์หรือมีค่าเกินกว่า 500 ลักซ์ในด้านพลังงานแสดงในรูปที่ 4.5

กรณีที่ไม่หรีไฟจะใช้พลังงานเท่ากับ $28 \times 2.2 = 61.6$ วัตต์-นาที

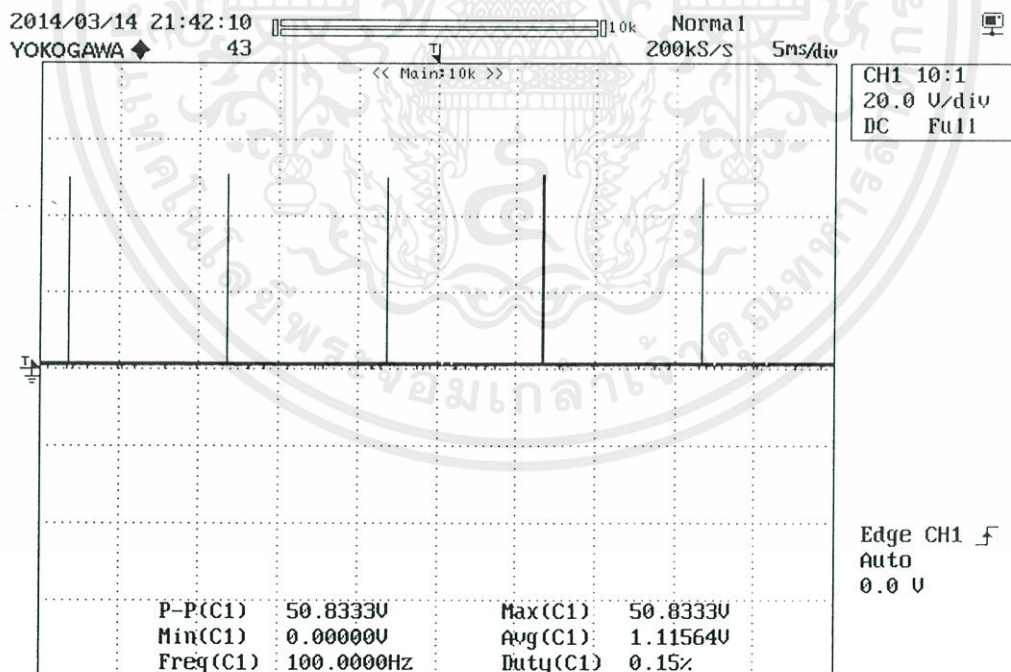
กรณีที่หรีไฟจะใช้พลังงานเท่ากับ $(28 \times 1.4) + (26 \times 0.3) + (21 \times 0.3) + (16 \times 0.3) = 58.1$ ดังนั้นทำให้ประหยัดพลังงานเท่ากับ 5.68%

จากการทดลองกรณีต่าง ๆ ทั้งหมดในข้างต้น จะเห็นว่า หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรควบคุมการเพิ่มลดแสงสว่างอัตโนมัติ จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าหลอดไดโอดที่ไม่ได้ติดตั้งวงจรควบคุม ซึ่งการประหยัดพลังงานนั้นจะขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของระดับความสว่างของแสงจากภายนอก ซึ่งจากผลการทดลอง จะได้กราฟ

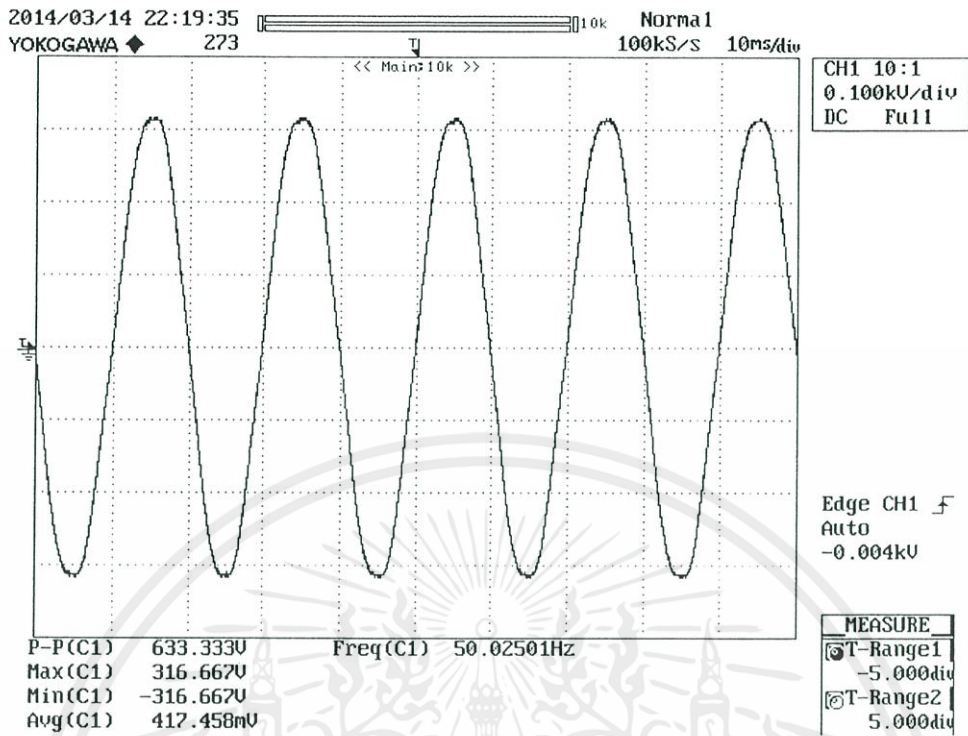
ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลาดังรูปที่ 4.3 – 4.5 จะเห็นได้ว่า ในแต่ละกรณีต่าง ๆ นั้นจะมีลักษณะกราฟที่คล้ายกัน ซึ่งเป็นผลมาจากแสงสว่างจำลองจากหลอดไฟมีค่าความเข้มแสงที่มากกว่า 500 ลักซ์ ทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสงดับทุกดวงเนื่องจากพื้นที่การทำงานมีค่าความสว่างในเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งจากคำนวณจากข้อมูลที่วัดได้จะพบว่าสามารถประหยัดพลังงานสูงสุดได้ 5.68 % และหากใช้งานบนพื้นที่ทำงานที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งต้องติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสงเป็นจำนวนมาก ก็จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเห็นได้ชัดเมื่อคำนวณค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายในแต่ละเดือน

4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติ

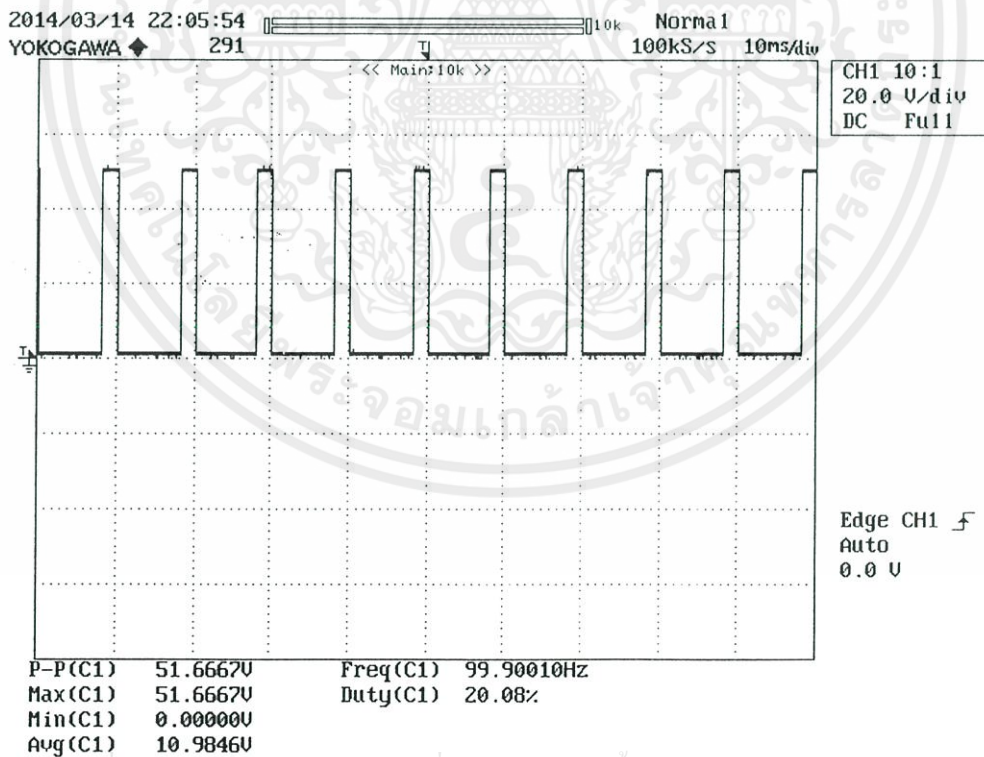
การทดลองนี้เป็นการบันทึกผลของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เมื่อค่าความเข้มแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงบนพื้นที่ทำงานมีค่าเปลี่ยนแปลงไป เพื่อศึกษาผลของการใช้ชุดวงจรในการหรี่ไฟอัตโนมัติว่ามีผลต่อค่าพารามิเตอร์ใดบ้างในการที่จะควบคุมระดับความสว่างบนพื้นที่ทำงาน โดยจะทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ระดับความเข้มแสงตั้งแต่ 0 ลักซ์ไปจนถึงระดับความเข้มแสงประมาณ 80 ลักซ์ซึ่งเป็นค่าความเข้มแสงสูงสุดบนพื้นที่ทำงานจากหลอดไดโอดเปล่งแสงทั้ง 4 โคมซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้จากการเก็บค่าสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4 และรูปคลื่นของแรงดันที่ค่าตัวดีไซเคิลที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.6 – 4.19 ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.6 รูปคลื่นของแรงดันที่ตัวดีไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

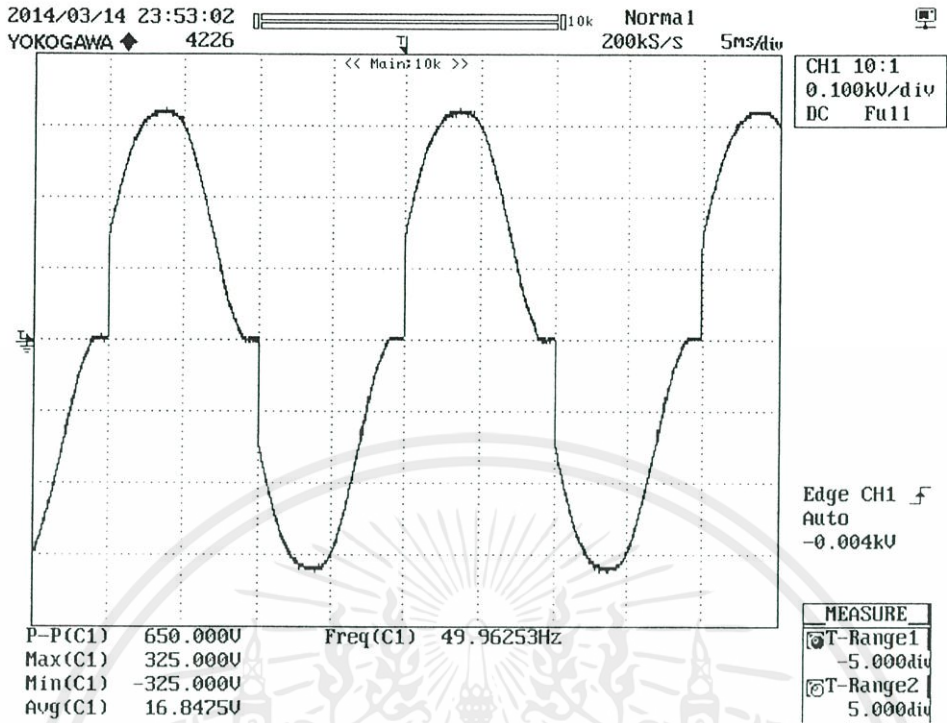


รูปที่ 4.7 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ตัวตัดไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0

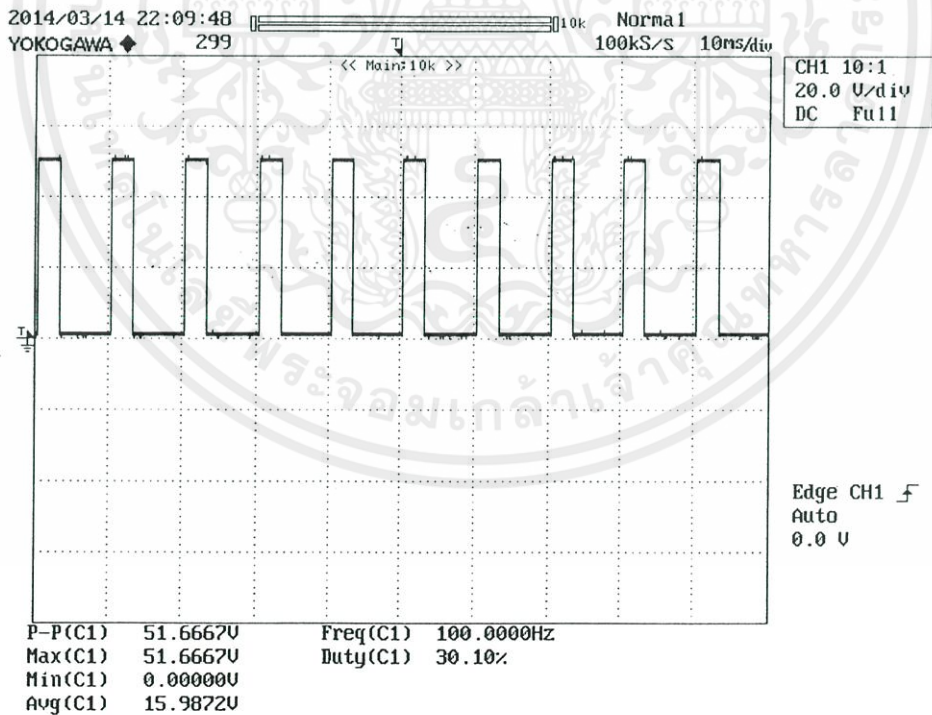


รูปที่ 4.8 รูปคลื่นของแรงดันที่ตัวตัดไซเคิลมีค่าเท่ากับ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

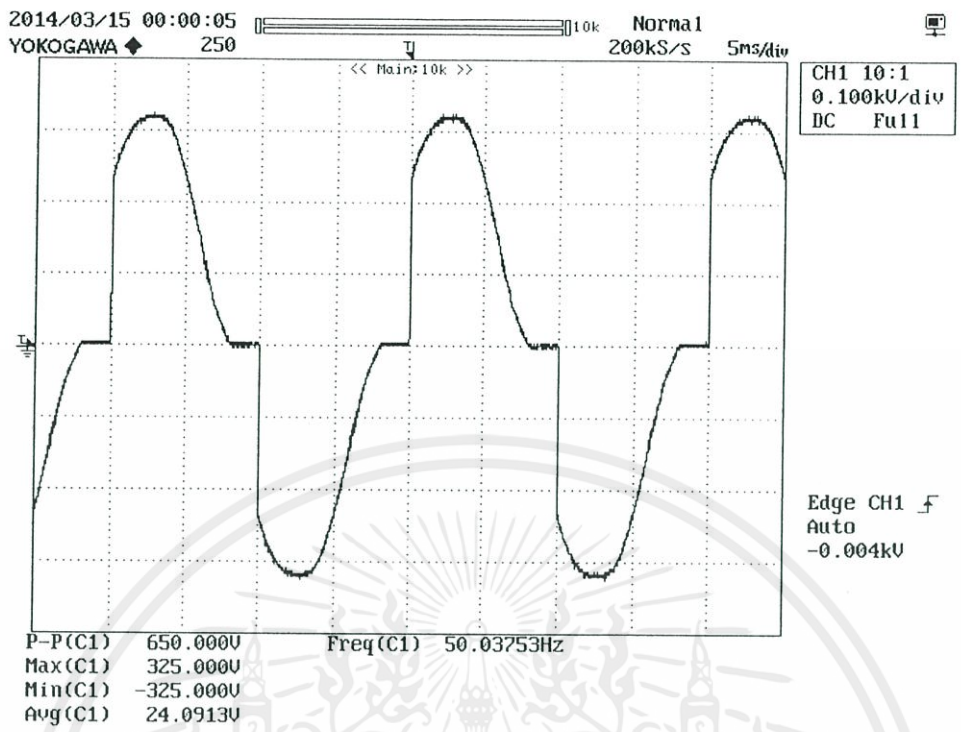


รูปที่ 4.9 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ตัวตัดไซเคิลมีค่าเท่ากับ 20

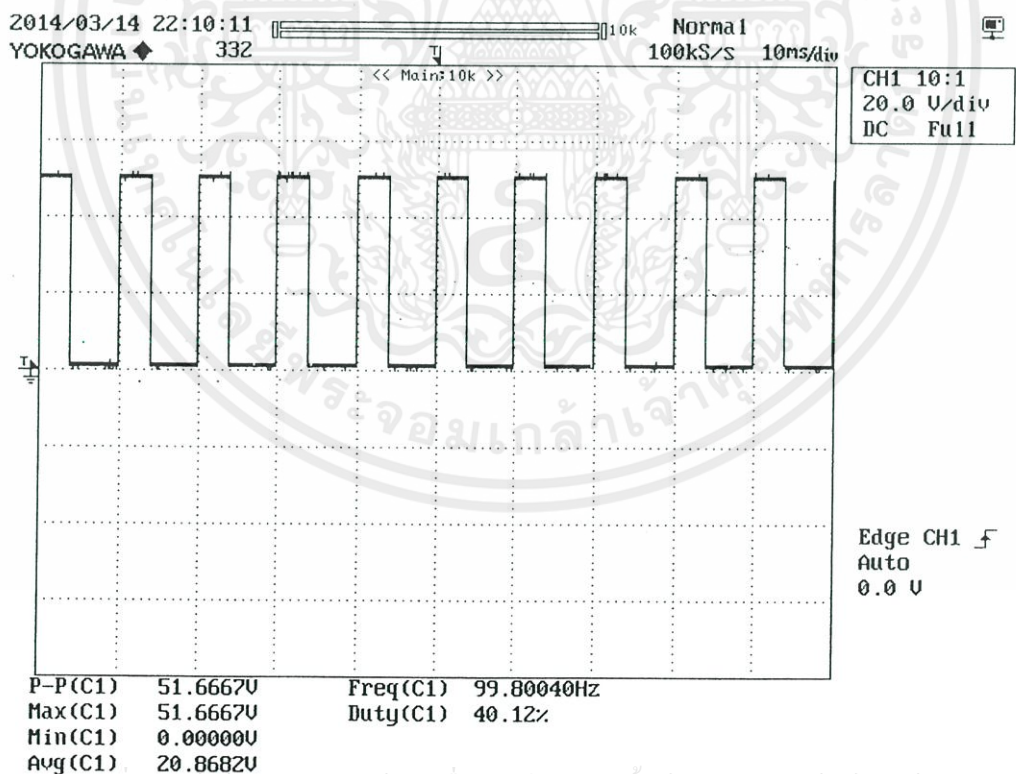


รูปที่ 4.10 รูปคลื่นของแรงดันที่ตัวตัดไซเคิลมีค่าเท่ากับ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



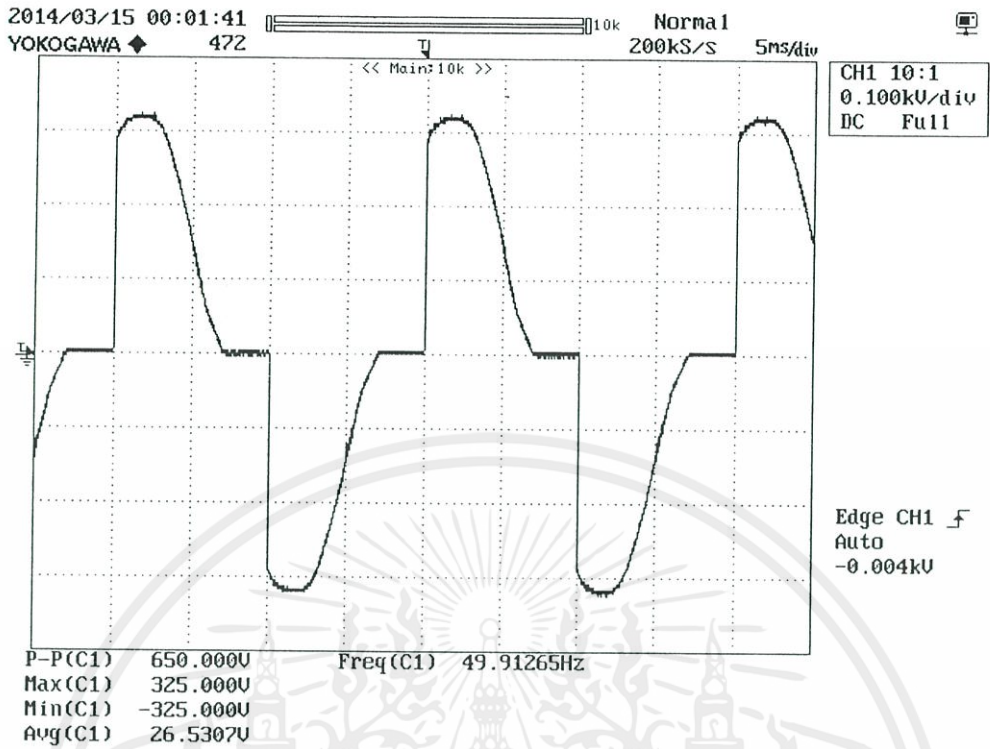
รูปที่ 4.11 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ตัวไซเคิลมีค่าเท่ากับ 30



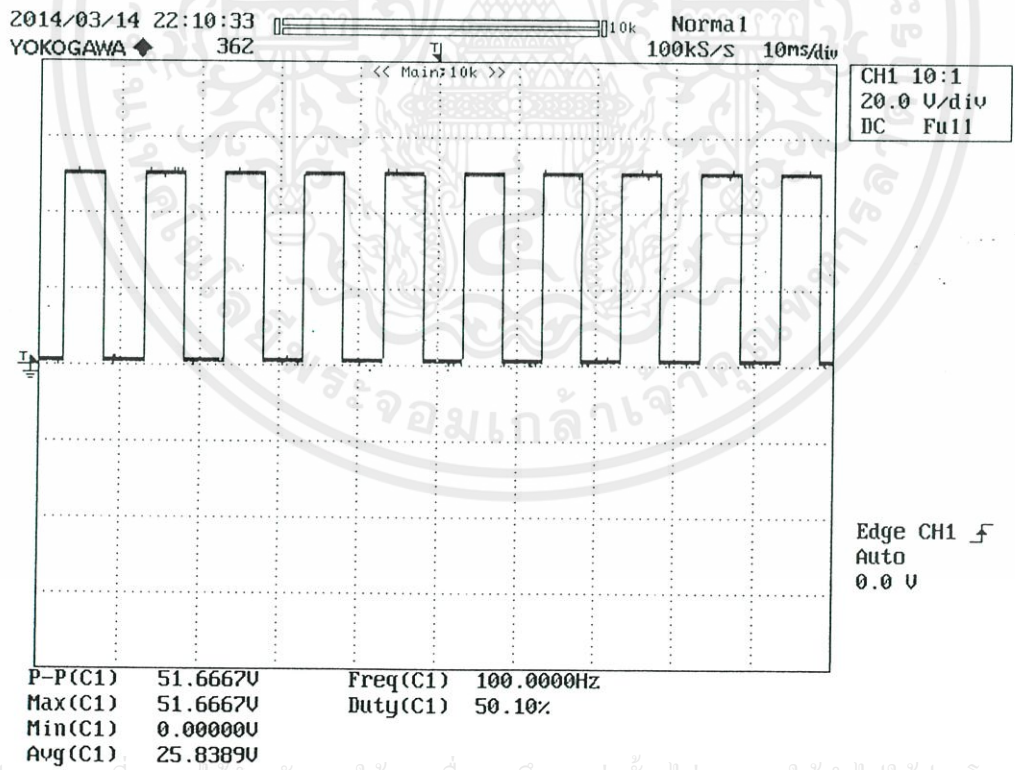
รูปที่ 4.12 รูปคลื่นของแรงดันที่ตัวไซเคิลมีค่าเท่ากับ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัทฯ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



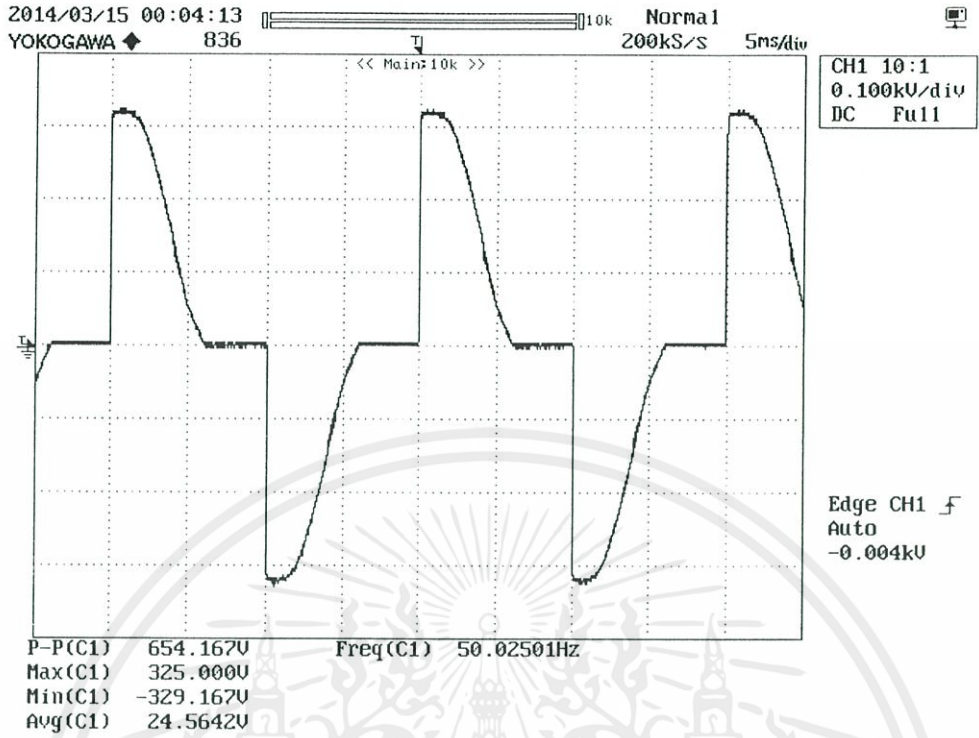
รูปที่ 4.13 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ตัวตัดไซเคิลมีค่าเท่ากับ 40



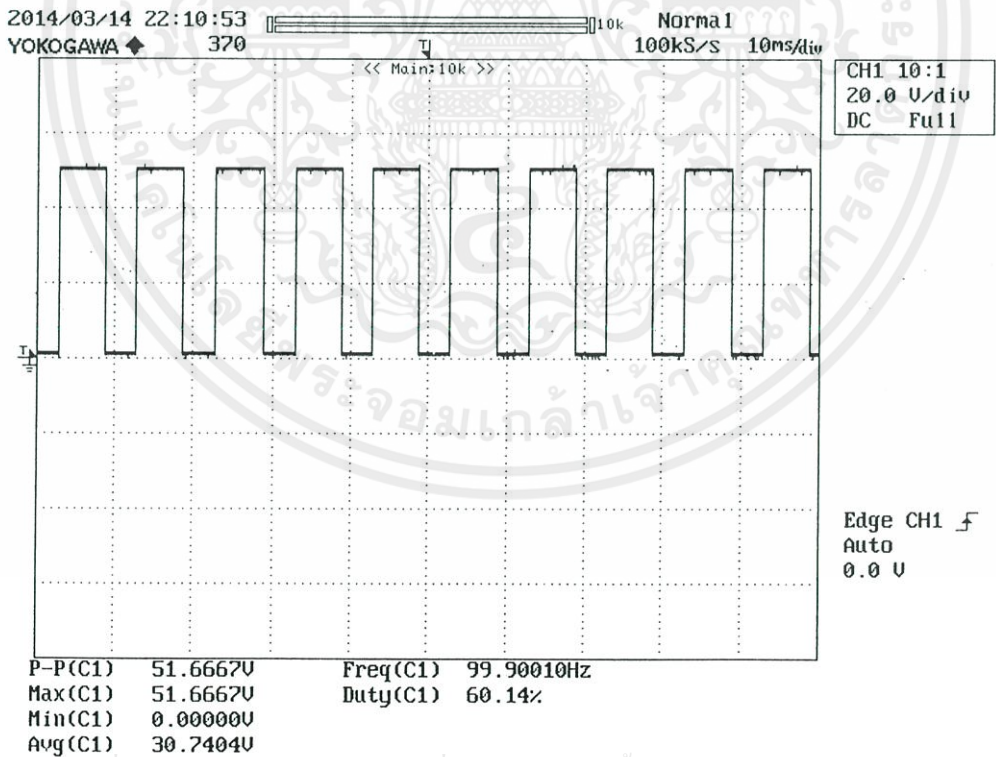
รูปที่ 4.14 รูปคลื่นของแรงดันที่ตัวตัดไซเคิลมีค่าเท่ากับ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่สิ่งนี้ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



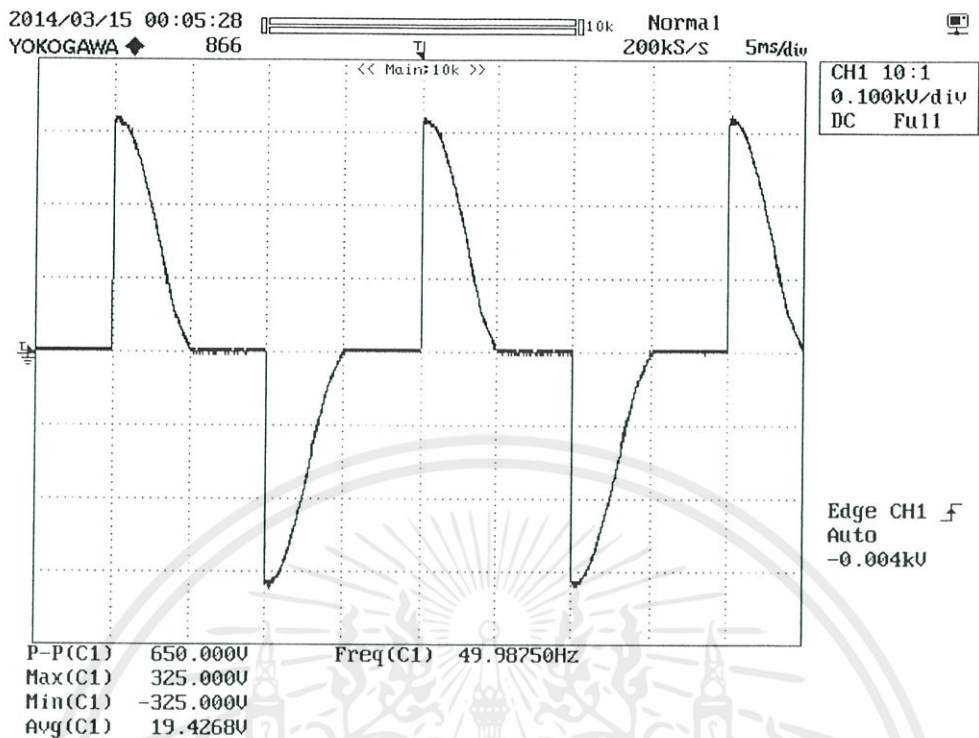
รูปที่ 4.15 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ตัวดีไซเคลมีค่าเท่ากับ 50



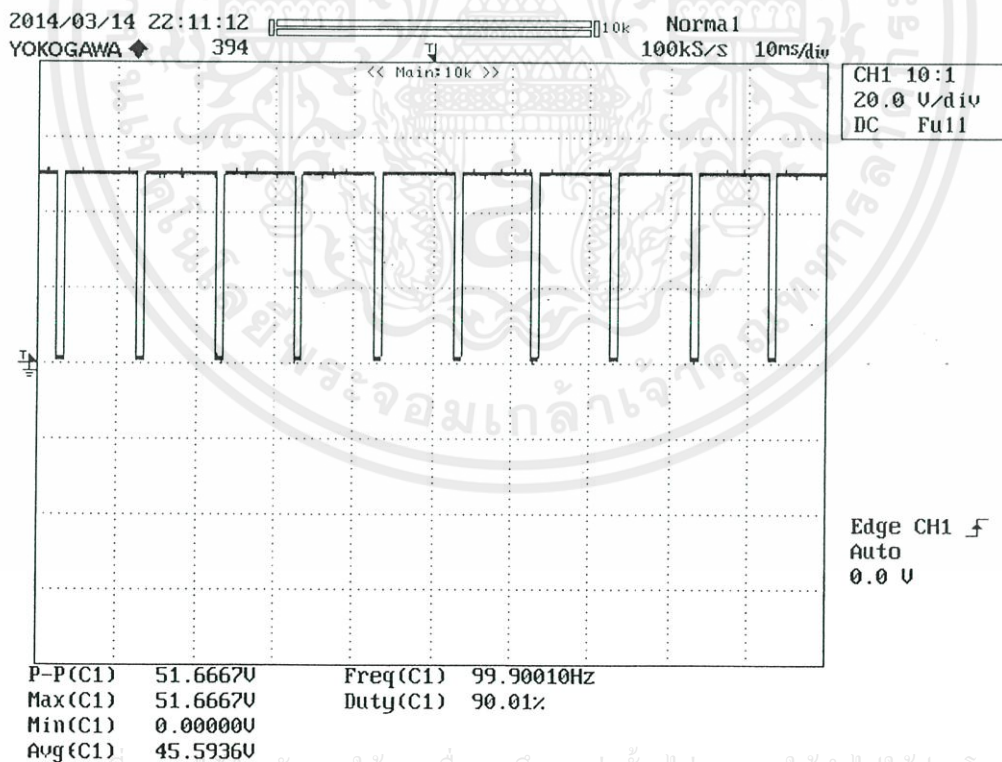
รูปที่ 4.16 รูปคลื่นของแรงดันที่ตัวดีไซเคลมีค่าเท่ากับ 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

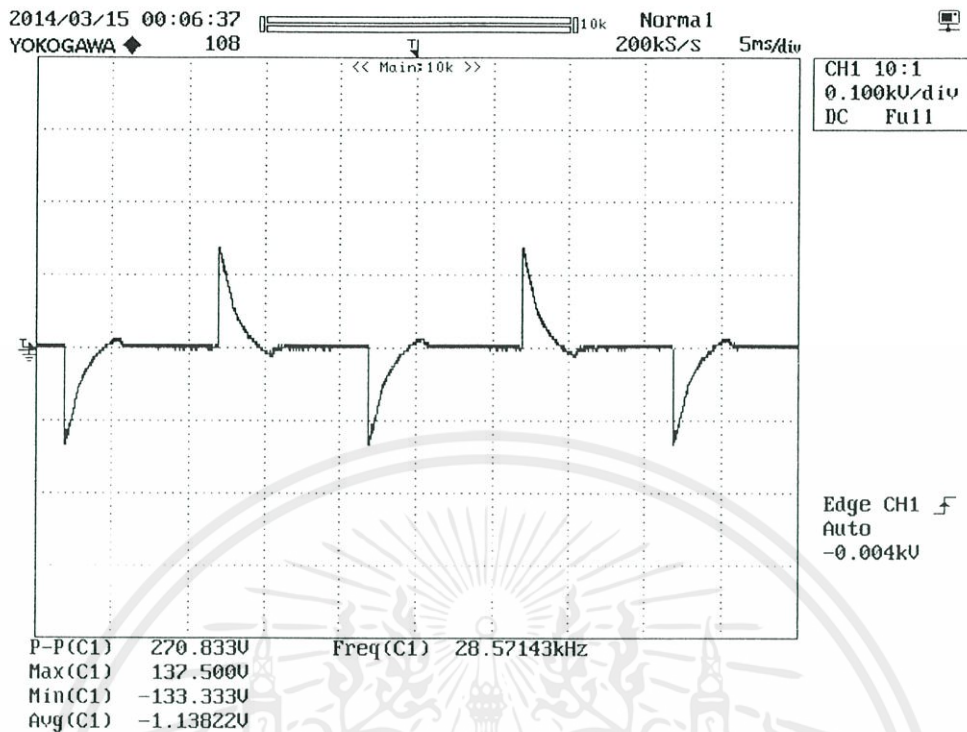
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงนอกระบบ และต้องขออนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ตัวตัดไซเคิลมีค่าเท่ากับ 60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามรูปที่ 4.18 รูปคลื่นของแรงดันที่ตัวตัดไซเคิลมีค่าเท่ากับ 90 ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 รูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ดิวิตีไซเคิลมีค่าเท่ากับ 90

จากรูปที่ 4.6 ดิวิตีไซเคิลมีค่าเท่ากันศูนย์ จากรูปแรงดันมีค่าเท่ากับศูนย์จึงไม่มีสัญญาณเข้า ไทริสโตรแอค ทำให้แรงดันมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ทำให้ความสว่างของแสงมีค่ามากที่สุด

จากรูปที่ 4.8 ดิวิตีไซเคิลมีค่า 20 เปอร์เซนต์ ที่ความถี่เท่ากับ 100 Hz เนื่องจากต้องการตัดรูปคลื่นไซน์ที่ครึ่งบนและล่าง จึงเกิดสัญญาณไทริสโตรแอค ทำให้แรงดันไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นไซน์เป็นดังแสดงในรูป 4.9 มีผลทำให้ความสว่างมีค่าลดลง

จากรูปที่ 4.10 ดิวิตีไซเคิลมีค่า 30 เปอร์เซนต์ ที่ความถี่เท่ากับ 100 Hz เนื่องจากต้องการตัดรูปคลื่นไซน์ที่ครึ่งบนและล่าง จึงเกิดสัญญาณไทริสโตรแอค ทำให้แรงดันไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นไซน์เป็นดังแสดงในรูป 4.11 มีผลทำให้ความสว่างมีค่าลดลง

จากรูปที่ 4.12 ดิวิตีไซเคิลมีค่า 40 เปอร์เซนต์ ที่ความถี่เท่ากับ 100 Hz เนื่องจากต้องการตัดรูปคลื่นไซน์ที่ครึ่งบนและล่าง จึงเกิดสัญญาณไทริสโตรแอค ทำให้แรงดันไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นไซน์เป็นดังแสดงในรูป 4.13 มีผลทำให้ความสว่างมีค่าลดลง

จากรูปที่ 4.14 ดิวิตีไซเคิลมีค่า 50 เปอร์เซนต์ ที่ความถี่เท่ากับ 100 Hz เนื่องจากต้องการตัดรูปคลื่นไซน์ที่ครึ่งบนและล่าง จึงเกิดสัญญาณไทริสโตรแอค ทำให้แรงดันไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นไซน์เป็นดังแสดงในรูป 4.15 มีผลทำให้ความสว่างมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.16 ดิวตี้ไซเคิลมีค่า 60 เปอร์เซ็นต์ ที่ความถี่เท่ากับ 100 Hz เนื่องจากต้องการตัดรูปคลื่นไซน์ที่ครึ่งบนและล่าง จึงเกิดสัญญาณไปทริกไตรแอก ทำให้แรงดันไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นไซน์เป็นดังแสดงในรูป 4.17 มีผลทำให้ความสว่างมีค่าลดลง

จากรูปที่ 4.18 ดิวตี้ไซเคิลมีค่า 90 เปอร์เซ็นต์ ที่ความถี่เท่ากับ 100 Hz เนื่องจากต้องการตัดรูปคลื่นไซน์ที่ครึ่งบนและล่าง จึงเกิดสัญญาณไปทริกไตรแอก ทำให้แรงดันไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นไซน์เป็นดังแสดงในรูป 4.19 มีผลทำให้ความสว่างมีค่าลดลง จนทำให้หลอดดับ

เมื่อทำการลดระดับความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงลงในแต่ละครั้ง จะทำให้ค่าของแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป โดยจะมีค่าลดลงตามไปด้วย ในขณะที่ค่าของกระแสจะมีค่าที่ค่อนข้างคงที่ตลอดทุก ๆ ระดับความสว่าง ส่งผลให้เมื่อลดระดับความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงลงทำให้กำลังไฟฟ้าจะลดลงตามไปด้วยเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ลดลง นั่นก็คือยิ่งหลอดไดโอดเปล่งแสงมีความสว่างลดลงก็จะทำให้การบริโภคพลังงานไฟฟ้าของหลอดลดลงด้วย จึงทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากขึ้นเมื่อมีแสงสว่างจากภายนอกเข้ามาเท่านั้นเอง แต่จะเห็นว่ายิ่งระดับความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงมีค่าลดลง ก็จะทำให้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) มีค่าลดลงตามไปด้วย เนื่องมาจากค่าของดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ที่ระดับความสว่างต่ำ ๆ ของหลอดไดโอดเปล่งแสงจะเกิดฮาร์มอนิกส์มากขึ้นตามไปด้วย ดังตารางที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้เมื่อทำการหรือหลอดไฟในระดับต่าง ๆ

ระดับ	ความเข้มแสง (Lux)	ตัวชี้เขเคล (%)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้าจริง (W)	กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA)	กำลังไฟฟ้าเสมือน (VAR)	ค่าตัวประกอบกำลังดิสเพลสเมนต์ (DPF)	ค่าตัวประกอบกำลังรวม (PF)	พลังงานไฟฟ้า (Wh)
1	79.81	0	226.90	0.22	29	49	39.49	0.93	0.58	4.8
2	76.71	20	224.14	0.25	29	55	46.73	0.92	0.52	4.9
3	69.61	30	213.82	0.28	28	60	53.06	0.93	0.46	4.7
4	56.09	40	200.00	0.32	26	63	57.38	0.95	0.41	4.4
5	40.35	50	175.26	0.32	21	56	51.91	0.96	0.38	3.7
6	22.17	60	145.13	0.32	16	46	43.12	0.97	0.35	2.7
7	0	90	36.96	0.20	1	8	7.93	-	0.19	0.2

4.3 การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาเรื่องของเศรษฐศาสตร์ในการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่จะต้องจ่ายใน 1 ปี โดยแบ่งออกเป็นกรณเปรียบเทียบ 2 กรณี คือ

1. เปรียบเทียบระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ใช้วงจรรีเส่งอัตโนมัติ

กำหนดให้พื้นที่ทำงานใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ขนาด 28 วัตต์ จำนวน 2 หลอด เปรียบเทียบกับหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรรีเส่งอัตโนมัติ โดยสมมติให้แสงสว่างจากภายนอกมีค่าคงที่ประมาณ 350-400 ลักซ์ ตั้งแต่เวลา 7 โมงเช้า จนถึง 5 โมงเย็น (10 ชั่วโมง) และเปิดใช้งานทุกวัน เฉลี่ยวันละ 16 ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 ปี เวลาการใช้งานเฉลี่ยของหลอดคือ 5,840 ชั่วโมง และกำหนดให้อัตราค่าไฟฟ้าเท่ากับ 3 บาทต่อหน่วย จากข้อกำหนดดังกล่าว สามารถคำนวณค่าไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 28 วัตต์ จำนวน 2 หลอด และการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 8 วัตต์จำนวน 4 หลอดแบบติดตั้งวงจรรีไฟอัตโนมัติได้ โดยแสดงดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ตารางเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าในกรณีที่ 1

สูตรการคำนวณ	หลอดฟลูออเรสเซนต์	หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรรีไฟอัตโนมัติ
จำนวนหน่วยไฟฟ้า/ปี (หน่วย)	327.04	73.83
อัตราค่าไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	3	3
ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)	981.12	221.49
เงินที่ประหยัด/ปี (บาท/ปี)	759.63	

วิธีการคำนวณ

- กรณีใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าต่อปี} = \frac{28 \times 2 \times 5840}{1000} = 327.04 \text{ หน่วย}$$

$$\text{อัตราค่าไฟฟ้า} = 3 \text{ บาท/หน่วย}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้าต่อปี} = 327.04 \times 3 = 981.12 \text{ บาท}$$

- หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรรีไฟอัตโนมัติ

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าต่อปี} = \frac{365}{1000} \times \left(\frac{61.6 \times 10}{60} + (8 \times 4 \times 6) \right) = 73.83 \text{ หน่วย}$$

$$\text{อัตราค่าไฟฟ้า} = 3 \text{ บาท/หน่วย}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ค่าไฟฟ้าต่อปี} = 73.83 \times 3 = 221.49 \text{ บาท}$$

$$\text{ดังนั้นเงินที่ประหยัดต่อปี} = 981.12 - 221.49 = 759.63 \text{ บาท/ปี}$$

2. เปรียบเทียบระหว่างหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ใช้วงจรหรือไฟอัติโนมติและหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ไม่ใช้วงจรหรือไฟอัติโนมติ

กำหนดให้พื้นที่ทำงานใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 8 วัตต์ จำนวน 4 หลอดเหมือนกัน แต่ไม่ติดตั้งวงจรหรือไฟอัติโนมติ โดยสมมติให้แสงสว่างจากภายนอกมีค่าคงที่ประมาณ 350-400 ลักซ์ ตั้งแต่เวลา 7 โมงเช้า จนถึง 5 โมงเย็น (10 ชั่วโมง) และเปิดใช้งานทุกวัน เฉลี่ยวันละ 16 ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 ปี เวลาการใช้งานเฉลี่ยของหลอดคือ 5,840 ชั่วโมง และกำหนดให้อัตราค่าไฟฟ้าเท่ากับ 3 บาทต่อหน่วย จากข้อกำหนดดังกล่าวสามารถคำนวณค่าไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 8 วัตต์ จำนวน 4 หลอดแบบติดตั้งวงจรหรือไฟอัติโนมติ และแบบไม่ติดตั้งวงจรหรือไฟอัติโนมติได้ โดยแสดงดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ตารางเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าในกรณีที่ 2

สูตรการคำนวณ	หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ไม่ติดตั้งวงจรหรือไฟอัติโนมติ	หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรหรือไฟอัติโนมติ
จำนวนหน่วยไฟฟ้า/ปี(หน่วย)	186.88	73.83
อัตราค่าไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	3	3
ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)	560.64	221.49
เงินที่ประหยัด/ปี (บาท/ปี)	339.15	

วิธีการคำนวณ

- กรณีใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าต่อปี} = \frac{8 \times 4 \times 5840}{1000} = 186.88 \text{ หน่วย}$$

$$\text{อัตราค่าไฟฟ้า} = 3 \text{ บาท/หน่วย}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้าต่อปี} = 186.88 \times 3 = 560.64 \text{ บาท}$$

- หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรหรือไฟอัติโนมติ

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าต่อปี} = \frac{365}{1000} \times \left(\frac{61.6 \times 10}{60} + (8 \times 4 \times 6) \right) = 73.83 \text{ หน่วย}$$

$$\text{อัตราค่าไฟฟ้า} = 3 \text{ บาท/หน่วย}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าไฟฟ้าต่อปี = $76.88 \times 3 = 221.49$ บาท

ดังนั้นเงินที่ประหยัดต่อปี = $560.64 - 221.49 = 339.15$ บาท/ปี

จากตารางที่ 4.23 และตารางที่ 4.24 การเปลี่ยนมาใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ จะสามารถช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ทั้งหมด $981.12 - 560.44 = 420.48$ บาทต่อปี แต่ถ้าหากใช้หลอด ไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรหรี่ไฟอัตโนมัติ จะช่วยทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากขึ้นเป็น $981.12 - 221.49 = 759.63$ บาทต่อปี ดังนั้นการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรหรี่ไฟอัตโนมัติจะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้ มากกว่ากรณีที่ใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงธรรมดา และหากนำมาใช้งานกับพื้นที่ทำงานที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ต้องใช้ จำนวนหลอดมากยิ่งขึ้น ก็จะทำให้สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากยิ่งขึ้นทวีคูณ

4.4 การศึกษาด้านคุณภาพของแสงเมื่อใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติ

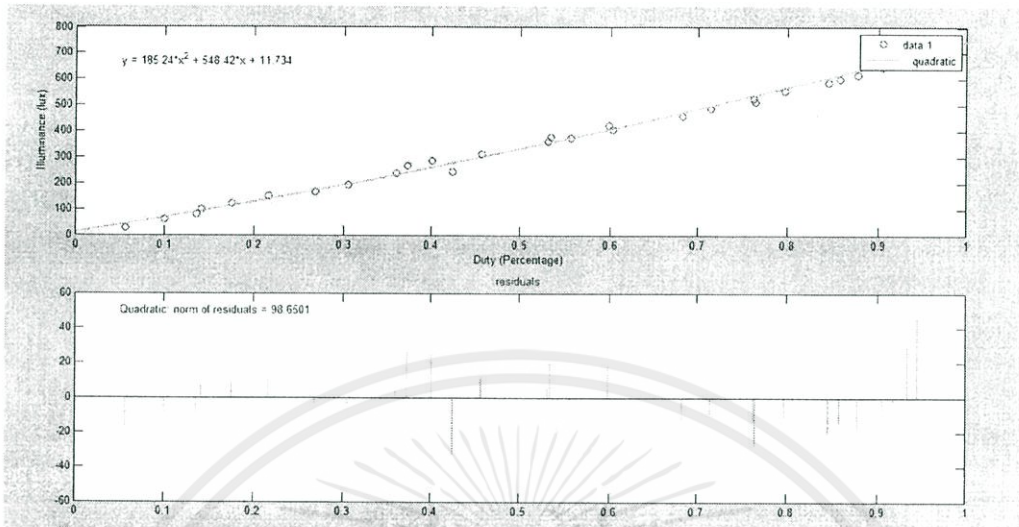
เนื่องจากแสงสว่างมีผลต่อดวงตาของมนุษย์อย่างมาก โดยเฉพาะเมื่อต้องเพ่งมองเป็นเวลานานๆ เช่น เวลาในการทำงาน เมื่อแสงสว่างจากหลอดไฟมีความเข้มแสงที่เปลี่ยนไปทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของแสง สว่างจึงอาจส่งผลให้เกิดอาการเมื่อยหรือปวดศีรษะแก่ผู้ที่ทำงานอยู่บริเวณนั้นได้ โดยเฉพาะเมื่อต้องทำงานเป็น เวลานานโดยไม่ได้พักสายตาซึ่งจะส่งผลเสียต่อสุขภาพในระยะยาว

เนื่องด้วยเหตุผลดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยนั่งทำงานที่บริเวณพื้นที่ทำงานที่ใช้ทดลองจริง และทดลองปรับค่าระดับแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงและวัดค่าที่ได้ ซึ่งจะได้ผลดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ตารางแสดงความเข้มแสงของแต่ละระดับของหลอดไดโอดเปล่งแสง

ดิวิตซ์ไซเคิล (%)	ความเข้มแสง (Lux)
0	79.81
20	76.71
30	69.61
40	56.09
50	40.35
60	22.17
90	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตต์ไซเคิลและความเข้มแสง

จากตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.20 จะพบว่าค่าของความเข้มแสงจากที่ระดับหนึ่งเมื่อเพิ่มขึ้นหนึ่งระดับหรือลดลงหนึ่งระดับจะมีค่าที่ไม่เกิน 30 ลักซ์ ซึ่งเป็นระดับความสว่างที่สายตาคงไม่สามารถสังเกตเห็นได้ การเปลี่ยนเพิ่มลดความสว่างหนึ่งระดับเป็นเวลาต่อเนื่องกันนานๆ จึงไม่เกิดผลกระทบต่อสายตาของคนขณะทำงาน

ในขณะเดียวกันกรณีที่มีการเปลี่ยนความเข้มแสงที่มากกว่าหนึ่งระดับเนื่องมาจากความเข้มแสงบนพื้นที่ทำงานมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมาก ทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสงต้องเพิ่มหรือลดระดับความเข้มแสงตามไปด้วย ซึ่งกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงที่มากกว่า 30 ลักซ์ ต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน จะทำให้ผู้ที่อยู่บริเวณนั้นเกิดอาการมึนและปวดศีรษะขึ้นได้ คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดให้การเปลี่ยนระดับความเข้มแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงในกรณีเปลี่ยนแปลงหลายระดับ ให้มีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มแสงทีละระดับ และมีระยะเวลาห่างจากกันในแต่ละระดับ เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสายตาของคนที่ต้องทำงานอยู่บริเวณพื้นที่นั้นเป็นเวลานาน ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและทดลองถึงการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรควบคุมการเพิ่มหรือลดลงของแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานจริง เปรียบเทียบกับการใช้หลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ตามบ้านเรือนทั่วไป ซึ่งจากการทดลองพบว่า การใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรควบคุมระดับแสงสว่างนั้น สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นอย่างมาก เนื่องจากการควบคุมปริมาณของแสงสว่างจากหลอดให้มีความเหมาะสมกับแสงจากธรรมชาติ ทำให้สามารถลดการบริโภคพลังงานของหลอดไดโอดเปล่งแสงได้ในบางช่วงเวลา เช่น ช่วงที่มีแสงจากภายนอกเข้ามามากคือในช่วงเวลาเช้าจนถึงช่วงเวลาเย็น ซึ่งเป็นช่วงที่หลอดไดโอดเปล่งแสงจะใช้พลังงานที่น้อยลงจากเดิม

ในส่วนของการศึกษานั้น สามารถจำแนกออกได้เป็นหมวดหมู่ต่างๆ คือ การการศึกษาด้านพลังงานของหลอดไดโอดเปล่งแสง การการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ และการศึกษาด้านคุณภาพของแสงเมื่อใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติ

การศึกษาด้านพลังงานของหลอดไดโอดเปล่งแสงนั้น จากการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรควบคุมการเพิ่มลดแสงสว่างกับหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ไม่ติดตั้งวงจรนั้น จะพบว่ากรณีที่มีวงจรควบคุมระดับความสว่างจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณแสงจากภายนอกด้วย ยังมีแสงจากภายนอกเข้ามามากก็จะยิ่งทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสงสามารถประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้น โดยจากการทดลองจะแบ่งออกเป็นกรณีต่างๆ คือ กรณีความเข้มแสงจากภายนอก 300-350 ลักซ์ กรณีความเข้มแสงจากภายนอก 350-400 ลักซ์ และกรณีความเข้มแสงจากภายนอก 400-450 ลักซ์ ซึ่งจากการคำนวณจะพบว่าแต่ละกรณีจะสามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับ 5.68%

การศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของชุดหลอดไดโอดเปล่งแสงนั้น จากการทดลองและวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่า เมื่อลดระดับความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง จะทำให้ค่าของแรงดันไฟฟาลดลงตามไปด้วย ในขณะที่ค่าของกระแสไฟฟ้าจะมีค่าคงที่ ซึ่งเป็นผลทำให้ค่ากำลังไฟฟ้ามูลค่าลดลง จึงทำให้ที่ระดับแสงสว่างต่ำๆ หลอดก็จะยังใช้พลังงานที่ลดลง แต่ในขณะเดียวกันเมื่อระดับแสงสว่างของหลอดลดลงมากๆ ก็จะทำให้ค่าของตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามูลค่าต่ำลงไปด้วย จึงทำให้เกิดฮาร์มอนิกส์มากขึ้นตามไปด้วย

การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์นั้น เป็นการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่จะต้องจ่ายใน 1 ปี ของการใช้หลอดไฟในแต่ละกรณี โดยเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรควบคุมกับการเปรียบเทียบระหว่างหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรควบคุมและหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ไม่ติดตั้งวงจรควบคุม จากการคำนวณจากผลการทดลองพบว่า การใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงการคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ติดตั้งวงจรควบคุมการเพิ่มลดของแสงสว่างจะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าในแต่ละปีเมื่อเทียบกับการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ไม่ติดตั้งวงจรควบคุม เท่ากับ 759.63 บาทต่อปี และ 339.15 บาทต่อปี ตามลำดับ

การศึกษาด้านคุณภาพของแสงเมื่อใช้วงจรหรี่ไฟอัตโนมัติ นั้น เป็นการทดลองเพื่อดูผลกระทบของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรควบคุมการเพิ่มลดแสงสว่าง ว่ามีผลกระทบต่อผู้ใช้งานที่ต้องทำงานบนพื้นที่ทำงานนั้นๆ หรือไม่ เนื่องจากแสงสว่างมีผลต่อดวงตาของมนุษย์เป็นอย่างมาก ดังนั้นเมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนแปลงไปจึงอาจส่งผลให้เกิดอาการเมื่อยหรือปวดศีรษะแก่ผู้ทำงานอยู่บริเวณพื้นที่นั้นๆ เป็นเวลานาน แต่จากการทดลองพบว่าระดับความเข้มแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงมีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละระดับจะมีค่าที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นระดับความเข้มแสงที่สายตาคนสังเกตเห็นได้ยาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงระดับแสงสว่างของหลอดจึงไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพของคนที่จะต้องทำงานบริเวณพื้นที่นั้นๆ เป็นเวลานาน

จากการศึกษาและทดลองโดยรวมนั้นจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนมาใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ติดตั้งวงจรควบคุมการเพิ่มลดของแสงสว่างจะช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดีและมีประสิทธิภาพ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างถึงการพิจารณาในการเลือกใช้ เช่น ปัญหาที่เกิดขึ้นจากฮาร์โมนิกส์ที่ตามมา หรือปริมาณของหลอดในการใช้งานที่พื้นที่ทำงานและระยะเวลาในการใช้งาน ซึ่งหากใช้จำนวนของหลอดไดโอดเปล่งแสงจำนวนน้อยๆ ก็จะทำให้การประหยัดพลังงานไฟฟ้าอาจไม่เห็นผลมากนักและระยะเวลาคืนทุนจะมีเวลาที่ค่อนข้างมาก แต่ถ้าใช้หลอดไดโอดเปล่งในจำนวนมาก ก็จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มาก และระยะเวลาในการคืนทุนก็จะมีค่าน้อยลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากชุดวงจรควบคุมของหลอดไดโอดเปล่งแสงดังกล่าวยังมีข้อบกพร่องที่ยังสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อได้ในอนาคต มีรายละเอียดดังนี้

1. บรรจุภัณฑ์ยังมีขนาดใหญ่ จึงไม่เหมาะที่จะที่จะนำมาใช้งานในพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก แต่สามารถปรับปรุงได้โดยการลดขนาดของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในและลดขนาดแหล่งจ่ายไฟ
2. พื้นที่ที่ติดตั้งตัวตรวจจับความเข้มแสงควรเป็นพื้นที่ที่มีการรับแสงสว่างจากภายนอกได้ดี ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของวงจรควบคุมแสงสว่างได้มากยิ่งขึ้น
3. การเลือกย่านการทำงานของวงจรตรวจจับแสง หากเลือกย่านที่มีความแคบเกินไป จะทำให้หลอดไฟที่ใช้ในการควบคุมเพื่อประหยัดพลังงานจะเกิดการติดๆ ดับๆ ซึ่งอาจทำให้หลอดเสียได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] N.N. Kang, S.H. Cho, and J.T. Kim, "The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior," **Energy and Buildings**, Vol.46, 2012, pp. 112-122.
- [2] R. Panna, R. Thesrumluk, and C. Chantrapornchai, "Development of energy saving smart home prototype," **International Journal of Smart Home**, Vol.7, No.1, 2013, pp. 47-65.
- [3] F. Baig, S. Beg, and M.F. Khan, "Zigbee based home appliances controlling through spoken commands using handheld devices," **International Journal of Smart Home**, Vol.7, No.1, 2013, pp. 19-26.
- [4] M. Schratz, C. Gupta, T.J. Struhs, and K. Gray, "Reducing energy and maintenance costs while improving light quality and reliability with LED lighting technology," **Pulp and Paper Industry Technical Conference (PPIC), Conference Record of 2013 Annual IEEE**, Vol., No., 2013, pp. 43-49.
- [5] C. Carrillo, E. Diaz-Dorado, J. Cidras, A. Bouza-Pregal, P. Falcon, A. Fernandez, and A. Alvarez-Sanchez, "Lighting control system based on digital camera for energy saving in shop windows," **Energy and Buildings**, Vol.59, 2013, pp. 143-151.
- [6] W.R. Ryckaerta, K.A.G. Smeta, I.A.A. Roelandtsa, M. Van Gils, P. Hanselaer, "Linear LED tubes versus fluorescent lamps," **Energy and Buildings**, Vol.49,2012 pp.429-436.
- [7] J. Byun, I. Hong, B. Lee, and S. Park, "Intelligent household LED lighting system considering energy efficiency and user satisfaction," **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, Vol.59, No.1, 2013, pp. 70-76.
- [8] B. Yang, H. Eun, H. Min, J. Kang, J. Song, and J. Cha, "Indoor LED light switch with step-by-step illumination reduction," **International Journal of Smart Home**, Vol.7, No.4, 2013, pp. 225-232.
- [9] W. Chen, X. Zhu, G. Wang, and G. Wang, "A new double frequency dimmer for lighting device," **Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2013 IEEE**, Vol.20, No.4, 2013, pp. 4655-4658.
- [10] S. Onaygil, and O. Guler, "Determination of the energy saving by daylight responsive lighting control systems with an example from Istanbul," **Building and Environment**, Vol.38, 2003, pp. 973-977.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] A.D. Galasiu, M.R. Atif, and R.A. MacDonald, "Impact of window blinds on daylight-linked dimming and automatic on/off lighting controls," *Solar Energy*, Vol.76, pp. 523-544.
- [12] L. Ciabattoni, A. Freddi, and G. Ippoliti, "A smart lighting system for industrial and domestic use," *Mechatronics (ICM), 2013 IEEE International Conference on*, Vol., No., 2013, pp. 126-131.
- [13] B. Roisin, M. Bodart, A. Deneyer, and P. D'Herdt, "Lighting energy savings in offices using different control systems and their real consumption," *Energy and Buildings*, Vol.40, No., 2008, pp. 514-523.
- [14] R.S. Hsiao, D.B. Lin, D.H. Chung, and S.C. Cheng, "Integrating ZigBee lighting control into existing building automation systems," *Information Science and Control Engineering 2012 (ICISCE 2012), IET International Conference on*, Vol., No., 2012, pp. 1-5.
- [15] A.A.N. Kumar, G. Kiran, and TSB. Sudarshan, "Intelligent lighting system using wireless sensor networks," *International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing (IJASUC)*, Vol.1, No.4, 2010, pp. 17-27.
- [16] K. Thattai, K.B. Manikanta, S. Chhawchharia, and R. Marimuthu, "ZigBee and ATmega32 based wireless digital control and monitoring system for LED lighting," *Information Communication and Embedded System (ICICES), 2013 International Conference on*, Vol., No., 2013, pp. 878-881.
- [17] D.A. Visan, I. Lita, M. Jurian, and I.B. Cioc, "Wireless measurement system based on ZigBee transmission technology," *Electronics Technology (ISSE), 2010 33rd International Spring Seminar on*, Vol.1, No., 2010, pp. 464-467
- [18] L.T. Lee, K.F. Tsang, and W.K. Ma, "DIY ZigBee light switch systems," *Microwave Conference, 2008. AMPC 2008. Asia-Pacific*, Vol., No., 2008, pp. 1-4.
- [19] M. Sun, Q. Liu, and M. Jiang, "An implementation of remote lighting control system based on ZigBee technology and soc solution," *Audio, Language and Image Processing, 2008. ICALIP 2008. International Conference on*, Vol., No., 2008, pp. 629-632.
- [20] D.M. Han, and J.H. Lim, "Smart home energy management system using IEEE 802.15.4 and ZigBee," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, Vol.56, No.3, 2010, pp. 1403-1410.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [21] Y. Jun, and W. Wei, "LED lighting control system based on the ZigBee wireless network," *Digital Manufacturing and Automation (ICDMA), 2010 International Conference on*, Vol.1, No., 2010, pp. 892-895.
- [22] Z. Jijie, and X. Xinjian, "Data analysis and research on ZigBee wireless sensor network system based on complex event processing technology," *Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International on*, Vol.5, No., 2010, pp. 311-314.
- [23] J.Wang, "ZigBee light link and its applications," *Wireless Communications, IEEE*, Vol.20, No.4, 2013, pp. 6-7.
- [24] F. Ijaz, A.A. Siddiqui, B.K. Im, and C. Lee, "Remote management and control system for LED based plant factory using ZigBee and internet," *Advanced Communication Technology (ICACT), 2012 14th International Conference on*, Vol., No., 2012 pp. 942-946.
- [25] F. Leccese, "Remote-control system of high efficiency and intelligent street lighting using a ZigBee network of devices and sensors," *Power Delivery, IEEE Transactions on*, Vol.28, No.1, 2013, pp. 21-28.
- [26] M.C. Huang, J.C. Huang, J.C. You, and G.J. Jong, "The wireless sensor network for home-care system using ZigBee," *Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2007. IHHMSP 2007. Third International Conference on*, Vol.1, No., 2007, pp. 643-646.
- [27] C. Akshay, N. Karnwal, K.A. Abhfeeth, R. Khandelwal, T. Govindraju, D. Ezhilarasi, and Y. Sujana, "Wireless sensing and control for precision green house management," *Sensing Technology (ICST), 2012 Sixth International Conference on*, Vol., No., 2012, pp. 52-56.
- [28] C.A. Cheng, H.L. Ceng, K.J. Lin, K.L. Chu, and C.H. Yen, "A digitally wireless dimmable lighting system for two-area fluorescent lamps," *TENCON2010-2010 IEEE Region 10 Conference*, Vol., No., 2010, pp. 2173-2178.
- [29] A.W. Louw, and C. Neethling, "Digital LED lighting solutions" *Domestic Use of Energy Conference (DUE), 2013 Proceedings of the 21st*, Vol., No., 2013, pp. 1-4.
- [30] R. Zhang, and S.H. Chung, "A TRIAC-Dimmable LED lamp driver with wide dimming range," *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol.29, No.3, 2014, pp. 1434-1446.
- [31] สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. ความรู้พื้นฐานทางด้านแสงสว่าง;. [หน้า1] [18 ม.ค. 2557]. เข้าถึงได้ที่ <http://www.tieathai.org/know/general/general0.htm>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [32] Power Quality Team. Power Factor (PF.), Displacement PF., Distortion PF., Total PF. คืออะไร/ ต่างกันอย่างไร?;. [หน้า 1] [2 ก.พ. 2557]. เข้าถึงได้ที่ <http://www.pq-team.com/engineering-zone/power-factor-pf-displacement-pf-distortion-pf-total-pf>
- [33] ThaiEasyElec. Arduino;. [หน้า 1] [31 ส.ค. 2556]. เข้าถึงได้ที่ <http://www.thaieasyelec.com/arduino-brand.html>
- [34] ThaiEasyElec. Zigbee And Xbee Basic ตอน Zigbee คืออะไร [หน้า 1] [17 ต.ค. 2557]. เข้าถึงได้ที่ <http://www.thaieasyelec.com/electronics-in-chapter/what-is-zigbee.html>
- [35] Thai Easy Elec. Xbee Basic Configuration in Network Application;. [หน้า 1] [24 ส.ค.2556]. เข้าถึงได้ที่ <http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-Application/Xbee-Basic-Configuration-in-Network-Application.html>
- [36] Rocketscream. TEMT6000 Breakout Board;. [หน้า 1] [18 ก.พ. 2557]. เข้าถึงได้ที่ <http://www.rocketcream.com/blog/product/temt6000-breakout-board/>
- [37] บริษัท อินเวตีฟ แอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. XBee-PRO;. [หน้า 7-8] [26 ส.ค. 2556] เข้าถึงได้ที่ <http://www.inex.co.th/store/manual/XBEE-board.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ (ภาษาไทย) ผศ.ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน
 (ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof. Dr. Chaiyan Jettanasen
 ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ปริญญาเอก Ph.D. of Electrical Engineering (Docteur en Génie Electrique),
 Ecole Centrale de Lyon, France

ปีที่จบ พ.ศ.2551

ปริญญาตรี-โท Master of Electrical Engineering (Master de Recherche en Génie Electrique) / Diploma
 of Electrical Engineering (Diplôme d'ingénieur), Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de
 Lyon, France

ปีที่จบ พ.ศ.2548

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

EMI/EMC in power electronic systems, ESD in electric/electronic system, Conversion of electrical
 energy, Power electronics, Renewable energy

ผลงานวิจัยย้อนหลัง 3 ปีและผลงานวิจัยอื่นๆ (เช่น Proceedings หนังสือ ฯลฯ)

Journal Papers

1. C. Jettanasen, "Analysis of PWM Strategy for Reduction of Conducted Electromagnetic Interference in an Adjustable-Speed AC Motor Drive", International Review on Modelling and Simulations (I.RE.MO.S.), ISSN 1974-9821, Vol. 6, No. 3, June 2013.
2. C. Jettanasen, and A. Ngaopitakkul, "A Novel Probabilistic Neural Networks-Based Algorithm for Classifying Internal Fault in Transformer Windings" IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering (TEEE), Vol. 8, No. 3, March, 2013, pp. 123-131. (ISI Impact factor 2011 = 0.394)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Chaiyan Jettanasen, "Modeling and Optimizing a Passive EMI Filter to Attenuate Common-Mode Currents at High Frequency in a Three-Phase Adjustable-Speed AC Motor Drive", *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, ISSN 1349-4198, Vol. 8, No. 10 (A), October 2012, pp. 6629 – 6642 (ISI Impact Factor 2010: 1.664)
4. C. Jettanasen, F. Costa, C. Vollaïre, "Common mode emissions measurements and simulation in variable-speed drive systems", *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 24, No. 11, November 2009.

National/International Conference Papers

1. C. Jettanasen and A. Ngaopitakkul, "*Study of Harmonics Issued from Electronic Ballast Used to Reduce Energy Consumption in Thailand's Building*", The 1st International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG 2014), Taipei, Taiwan, April 23-25, 2014.
2. C. Jettanasen and C. Pothisarn, "*Analytical Study of Harmonics Issued from LED Lamp Driver*", The 2014 IAENG International Conference on Electrical Engineering, Hong Kong, March 12-14, 2014, pp. 683-686.
3. Chaiyan Jettanasen and Surakit Thongsuk, "*Attenuation of High-Frequency Electromagnetic Noise in a Single-Phase AC Motor Drive*", 2013 International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS2013), Busan, Korea, October 26-29, 2013.
4. Chaiyan Jettanasen and Nuchtitia Suttisinthong, "*Mitigation of Conducted Electromagnetic Interference Emissions in DC-DC Converter*", The Eighth International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2013), Kumamoto, Japan, September 14-17, 2013.
5. C. Jettanasen, "*Analysis of Conducted Electromagnetic Interference Generated by PWM Inverter Fed-AC Motor Drives*", The 15th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS2012), Sapporo, Japan, October 21-24, 2012.
6. C. Jettanasen, "*Reduction of Common-Mode Voltage Generated by Voltage-Source Inverter using Proper PWM Strategy*", 2012 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility & Technical Exhibition on EMC RF/Microwave Measurement & Instrumentation, Singapore, May 21-24, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. C. Jettanasen, "Design of Electrostatic Discharge Event Detector", IEEE TENCON 2011, Bali, Indonesia, November 21-24, 2011.
8. C. Jettanasen, "Pulse Width Modulation Technique to Attenuate Common-Mode Voltage Generated by Voltage Source Inverter-fed AC Motor Drive ", The International Conference on Electrical Engineering (ICEE2011), Hong Kong, July 10-14, 2011.

ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ

1. หัวหน้าโครงการวิจัย "Influence of EMI emissions on pinned layer reversal effect in a TuMR head" ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากบริษัทเวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด ระยะเวลาโครงการ 6 เดือน
2. หัวหน้าโครงการวิจัย "การตรวจจับและแยกประเภทสัญญาณการคายประจุไฟฟ้าสถิตแบบอัจฉริยะด้วยเทคนิคการประมวลสัญญาณ" ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสวทช. ระยะเวลาโครงการ 2 ปี
3. หัวหน้าโครงการวิจัย "การวิเคราะห์ฟลอสต์ที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์" ได้รับการสนับสนุนทุนพัฒนานักวิจัย กองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระยะเวลาโครงการ 2 ปี
4. หัวหน้าโครงการวิจัย "การลดทอนสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง" ได้รับการสนับสนุนทุนงบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระยะเวลาโครงการ 1 ปี
5. หัวหน้าโครงการวิจัย "การปรับปรุงคุณภาพสัญญาณทางไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์เชื่อมต่อเซลล์แสงอาทิตย์" ได้รับการสนับสนุนทุนงบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระยะเวลาโครงการ 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ (ภาษาไทย) รศ.ดร.อรรถพล เเงาพิทักษ์กุล
(ภาษาอังกฤษ) Assoc.Prof. Dr. Atthapol Ngaopitakkul

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรีสาขา วิศวกรรมไฟฟ้า (B.Eng) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปีที่สำเร็จ 2545

ปริญญาโทสาขา วิศวกรรมไฟฟ้า (M.Eng) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปีที่สำเร็จ 2547

ปริญญาเอกสาขา วิศวกรรมไฟฟ้า (D.Eng) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปีที่สำเร็จ 2550

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Power System, Power System Protection, Application of Wavelet Transform to power system protection, Artificial Neural Networks

ผลงานวิจัยย้อนหลัง 5 ปีและผลงานวิจัยอื่นๆ (เช่น Proceedings หนังสือนิตยสาร ฯลฯ)

(a) Journals

1. A. Ngaopitakkul, and C. Jettanasen, "A Discrete Wavelet Transform Approach to Discriminating among Inrush Current, External Fault, and Internal Fault in Power Transformer using Low-Frequency Components Differential Current Only" *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering (TEEE)*, Vol. 9, No. 3, May, 2014, pp. 302-314. (ISI Impact factor 2012 = 0.343)
2. A. Ngaopitakkul, and C. Pothisarn, "Impact of lightning impulse voltage waveshape front time between 1.2/50 and 4/50 on back-flashover voltage across insulator of 230 kV transmission tower" *ICIC Express Letters*, Vol. 8, No. 3, March, 2014, pp. 765-770.
3. N. Suttisinthong, B. Seewirote, A. Ngaopitakkul, and C. Pothisarn, "Impact of lightning travelling wave velocity between space and steel and impedance of 115 kV transmission tower on back-flashover overvoltage" *ICIC Express Letters*, Vol. 8, No. 3, March, 2014, pp. 771-778.
4. S. Thongsuk, A. Ngaopitakkul, C. Jettanasen, S. Bunjongjit, and C. Pothisarn, "Selection of proper input pattern for back-propagation neural network algorithm to identify the phase with fault appearance in transformer windings" *ICIC Express Letters*, Vol. 8, No. 3, March, 2014, pp. 771-778.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. A. Ngaopitakkul, C. Jettanasen, M. Leelajindakraierk, C. Pothisarn, and B. Suechoey, "Application of support vector machines algorithm for discriminating between external fault and internal winding fault in power transformer" *ICIC Express Letters*, Vol. 8, No. 3, March, 2014, pp. 893-899.
6. T. Patcharoen, and A. Ngaopitakkul, "A novel discrete wavelet transform based on travelling wave technique for identifying the fault location for transmission network systems" *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 8, No. 5, September, 2013, pp. 432-439. (ISI Impact factor 2012 = 0.343)
7. A. Ngaopitakkul, and S. Bunjongjit, "An application of a discrete wavelet transform and a back-propagation neural network algorithm for fault diagnosis on single-circuit transmission line" *International Journal of Systems Science (IJSS)*, Vol. 44, No. 9, September, 2013, pp. 1745-1761. (ISI Impact factor 2012 = 1.305)
8. C. Jettanasen, and A. Ngaopitakkul, "A Novel Probabilistic Neural Networks-Based Algorithm for Classifying Internal Fault in Transformer Windings" *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering (TEEE)*, Vol. 8, No. 2, March, 2013, pp. 123-131. (ISI Impact factor 2011 = 0.394)
9. A. Ngaopitakkul, "The combination of Discrete Wavelet Transform and Fuzzy Logic Algorithm for Fault Classification on Transmission System" *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol. 8, No. 10B, October, 2012, pp. 7103-7115. (ISI Impact factor 2010 = 1.664)
10. S. Bunjongjit and A. Ngaopitakkul, "Improvement of Internal Fault Detection Algorithm to Reduce Training Time of Back-Propagation Neural Networks for Transformer Differential Protection Schemes" *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, Vol. 7, No. 5(A), October, 2012, pp. 5598-5609.
11. A. Ngaopitakkul and C. Pothisarn, "The protection of transmission network systems using discrete wavelet transform" *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol. 8, No. 9, September, 2012, pp. 6491-6502. (ISI Impact factor 2010 = 1.664)
12. C. Jettanasen, and A. Ngaopitakkul, "The Spectrum Comparison Technique of DWT for Discriminating between External Fault and Internal Fault in Power Transformer" *Journal of International Council on Electrical Engineering (JICEE)*, Vol. 2, No. 3, July, 2012, pp. 302-308.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือปรับใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. A. Ngaopitakkul and C. Jettanasen, "Selection of Proper Activation Functions in Back-Propagation Neural Networks Algorithm for Identifying the phase with fault appearance in Transformer Windings," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol. 8, No. 6, June, 2012, pp. 4299-4318. (ISI Impact factor 2010 = 1.664)
14. S. Bunjongjit and A. Ngaopitakkul, "Selection of Proper Artificial Neural Networks for Fault Classification on Single Circuit Transmission Line," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol. 8, No. 1(A), January, 2012, pp. 361-374. (ISI Impact factor 2010 = 1.664)
15. A. Ngaopitakkul and C. Jettanasen, "The comparisons technique of coefficient DWT for identifying Simultaneous Fault Types on Transmission System," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol. 7, No. 10, October, 2011, pp. 5789-5800. (ISI Impact factor 2010 = 1.664)
16. A. Ngaopitakkul and C. Jettanasen, "Combination of Discrete Wavelet Transform and Probabilistic Neural Network Algorithm for Detecting Fault Location on Transmission System" *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol. 7, No. 4, April, 2011, pp. 1861-1873. (ISI Impact factor 2010 = 1.664)

(b) International Conference Papers

1. S. Bunjongjit, A. Ngaopitakkul, C. Pothisarn, and C. Pothisarn, "Improvement to reduce training time of back-propagation neural network for discrimination between external short circuit and internal winding fault" In Proceeding of 2014 International Conference on Information Science, Electronics and Electrical Engineering (ISEEE2014), Sapporo, Japan, April 26-28, 2014, Vol. 1, pp. 614-618.
2. A. Parsittipan, and A. Ngaopitakkul, "Effects of induced high-frequency current from lightning on blade of wind power generation" In Proceeding of 2014 International Conference on Information Science, Electronics and Electrical Engineering (ISEEE2014), Sapporo, Japan, April 26-28, 2014, Vol. 2, pp. 677-680.
3. C. Jettanasen, and A. Ngaopitakkul, "Study of harmonics issued from electronic ballast used to reduce energy consumption in Thailand's building" In Proceeding of 2014 International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG2014), Taipei, Taiwan, April 23-25, 2014.

4. N. Suttisinthong, B. Seewirote, A. Ngaopitakkul, and C. Jettanasen, "Feasibility study and impact of energy consumption reduction using T5 fluorescent lamp in building" In Proceeding of 2014 International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG2014), Taipei, Taiwan, April 23-25, 2014.
5. N. Suttisinthong, B. Seewirote, A. Ngaopitakkul, and C. Pothisarn, "Selection of Proper Activation Functions in Back-propagation Neural Network algorithm for Single-Circuit Transmission Line" In *Proceedings of 2014 International MultiConference on Engineering and Computer Scientists (IMECS2014)*, Hong Kong, March 12-14, 2014, pp. 758-762.
6. S. Bunjongjit, A. Ngaopitakkul, and C. Pothisarn, "A Discrete Wavelet Transform and Fuzzy Logic Algorithm for Identifying the Location of Fault in Underground Distribution System" In *Proceedings of 2013 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (IFUZZY2013)*, Taipei, Taiwan, December 6-8, 2013, pp. 415-419.
7. S. Thongsuk, A. Ngaopitakkul, and C. Pothisarn, "Discrete Wavelet Transform and Fuzzy Logic Algorithm for Classification of Internal Fault Type in Underground Cable" *The World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol. 83, 2013, pp. 1630-1634.
8. B. Seewirote, N. Suttisinthong, A. Ngaopitakkul, C. Pothisarn, and C. Jettanasen, "Discrete Wavelet Transform and Fuzzy Logic Algorithm for Classification of Internal Fault Type in Power Transformer" *The World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol. 83, 2013, pp. 1624-1629.
9. P. Chiradeja, and A. Ngaopitakkul, "The impacts of electrical power losses due to distributed generation integration to distribution system" *The 16th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS2013)*, Busan, South Korea, October 26-29, 2013, pp. 1330-1333.
10. T. Patcharoen, A. Ngaopitakkul, and C. Pothisarn, "Inrush current analysis for switching large shunt capacitor bank in a 230 kV substation system" *The 16th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS2013)*, Busan, South Korea, October 26-29, 2013, pp. 1325-1339.
11. A. Ngaopitakkul, C. Pothisarn, S. Bunjongjit, B. Suechoey, C. Thammart, and A. Nawikavatan, "A Reliability Impact and Assessment of Distributed Generation Integration to Distribution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- System” *In Proceedings of Energy and Power Engineering (EPE)*, Vol. 5, No. 4B, July, 2013, pp. 1043-1047.
12. S. Thongsuk, and A. Ngaopitakkul, “Impacts of Electrical Line Losses Comprising Multi-Distributed Generation in Distribution System” *In Proceedings of Energy and Power Engineering (EPE)*, Vol. 5, No. 4B, July, 2013, pp. 1037-1042.
 13. S. Muangcharreon, A. Ngaopitakkul, S. Bunjongjit, M. Leelajindakraierk, C. Pothisarn, and A. Nawikavatan, “Study of Coordination between Protective Devices Comprising Distributed Generation in Distribution System” *In Proceedings of Energy and Power Engineering (EPE)*, Vol. 5, No. 4B, July, 2013, pp. 584-588.
 14. S. Muangcharreon, and A. Ngaopitakkul, “Development of recloser coordination programming for distributed generation islanding distribution network” *In Proceedings of the 6th IASTED Asian Conference on Power and Energy Systems (AsiaPES2013)*, Phuket, Thailand, April 10-12, 2013, pp. 425-431.
 15. J. Klomjit, A. Ngaopitakkul, C. Jettanasen, C. Pothisarn, and S. Thongsuk, “Discriminating between external short circuit and internal winding fault in power transformer using RBF neural networks” *In Proceedings of the 6th IASTED Asian Conference on Power and Energy Systems (AsiaPES2013)*, Phuket, Thailand, April 10-12, 2013, pp. 419-424.
 16. S. Muangcharreon, and A. Ngaopitakkul, “Study of the effects of protective device comprising distributed generation is connected in distribution system” *In Proceedings of the 6th IASTED Asian Conference on Power and Energy Systems (AsiaPES2013)*, Phuket, Thailand, April 10-12, 2013, pp. 410-414.
 17. C. Apisit, C. Pothisarn, and A. Ngaopitakkul, “Discrete Wavelet Transform and probabilistic neural network algorithm for fault location in underground cable” *In Proceedings of 2012 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (iFUZZY2012)*, Taichung, Taiwan, November 16-18, 2012, pp. 154-157.
 18. C. Jettanasen, J. Klomjit, C. Pothisarn, S. Bunjongjit, and A. Ngaopitakkul, “Differential protection schemes for classification of fault detection between external fault and internal winding fault in transformer using probabilistic neural network” *In Proceedings of 2012 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (iFUZZY2012)*, Taichung, Taiwan, November 16-18, 2012, pp. 150-153.

19. C. Jettanasen, C. Pothisarn, J. Klomjit, and A. Ngaopitakkul, "Discriminating among inrush current, external fault and internal fault in power transformer using low frequency components comparison of DWT" The 15th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS2012), Sapporo, Japan, October 21-24, 2012.
20. J. Klomjit, and A. Ngaopitakkul, "Behaviour of Interturn Fault in Power Transformer Winding using High Frequency Components of Discrete Wavelet Transform" The 15th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS2012), Sapporo, Japan, October 21-24, 2012.
21. C. Pothisarn, and A. Ngaopitakkul, "Analysis of characteristics using wavelet transform for simultaneous faults in electrical power system" *In Proceedings of 3rd International Conference on Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications (IBICA2012)*, Kaohsiung, Taiwan, September 26-28, 2012, pp. 93-97.
22. C. Apisit, C. Pothisarn, and A. Ngaopitakkul, "An application of discrete wavelet transform and support vector machines algorithm for fault locations in underground cable" *In Proceedings of 3rd International Conference on Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications (IBICA2012)*, Kaohsiung, Taiwan, September 26-28, 2012, pp. 89-92.
23. C. Jettanasen, J. Klomjit, S. Bunjongjit, A. Ngaopitakkul, B. Suechoey, N. Suttisinthong, and B. Seewirote, "Discrimination between external short circuit and internal winding fault in power transformer using discrete wavelet transform and back-propagation neural network" *In Proceedings of 2012 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC2012)*, Xian, China, July 15-17, 2012, pp. 965-971.
24. A. Ngaopitakkul, and N. Suttisinthong, "Discrete Wavelet Transform and probabilistic neural network algorithm for classification of fault type in underground cable" *In Proceedings of 2012 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC2012)*, Xian, China, July 15-17, 2012, pp. 360-366.
25. A. Ngaopitakkul, C. Pothisarn, J. Klomjit, S. Bunjongjit, B. Suechoey, and N. Suttisinthong, "Improvement of algorithm to reduce training time of back-propagation neural network for transformer interturn fault location" *In Proceedings of 2012 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR2012)*, Xian, China, July 15-17, 2012, pp. 131-136.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26. K. Kunadumrongrath, and A. Ngaopitakkul, "Discrete Wavelet Transform and Support Vector Machines Algorithm for Classification of Fault Types on Transmission Line" *In Proceedings of 2012 International MultiConference on Engineering and Computer Scientists 2012(IMECS2012)*, Hong Kong, March 2012.
27. C. Pothisarn, C. Jettanasen, J. Klomjit, and A. Ngaopitakkul, "Coefficient Comparison Technique of Discrete Wavelet Transform for Discriminating between External Short Circuit and Internal Winding Fault in Power Transformer" *In Proceedings of 2012 International MultiConference on Engineering and Computer Scientists 2012(IMECS2012)*, Hong Kong, March 2012.
28. C. Pothisarn, and A. Ngaopitakkul, "The Combination of Discrete Wavelet Transform and Self Organizing Map for Identification of Fault Location on Transmission Line" *In Proceedings of 2012 International MultiConference on Engineering and Computer Scientists 2012(IMECS2012)*, Hong Kong, March 2012.
29. C. Jettanasen, A. Ngaopitakkul, P. Chiradeja and C. Pothisarn, "Internal Fault Classification in Transformer Windings using Combination of Discrete Wavelet Transforms and Probabilistic Neural Networks" *In Proceedings of International Conference on Applied and Theoretical Information Systems Research (ATISR2012)*, Taiwan, February 2012.
30. C. Pothisarn, and A. Ngaopitakkul, "Application of DWT and Fuzzy Logic Algorithm for Classifying Simultaneous Fault Types" *In Proceedings of IEEE Region 10 Conference (TENCON2011)*, Indonesia, November 2011.
31. A. Ngaopitakkul, and A. Yodkhuang, "Application of DWT for Identifying Type of Fault Occurred in Wind Turbine System" *In Proceedings of IEEE Region 10 Conference (TENCON2011)*, Indonesia, November 2011.
32. C. Jettanasen, and A. Ngaopitakkul, "The spectrum comparison technique of DWT for discriminating between external fault and internal fault in power transformer" *In Proceedings of 17th International Conference on Electrical Engineering (ICEE2011)*, Hong Kong, July 2011.
33. A. Ngaopitakkul and M. Leelajindakrairerk, "Identification of Fault Location on Single-Circuit Transmission Lines using Hybrid Neural Networks" *In Proceedings of 17th International Conference on Electrical Engineering (ICEE2011)*, Hong Kong, July 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34. A. Ngaopitakkul, and C. Jettanasen, "Miscalculations of Fault Location in Underground Distribution System due to Behavior of Simultaneous Fault" *In Proceedings of 17th International Conference on Electrical Engineering (ICEE2011)*, Hong Kong, July 2011.
35. C. Pothisarn, C. Jettanasen, A. Ngaopitakkul, and C. Apisit, "Identification of Fault Location for Simultaneous Fault in Distribution System using Discrete Wavelet Transform" *In Proceedings of the fifth International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2010)*, China, December 2010.
36. A. Ngaopitakkul, and C. Apisit, "Uncertainty of Fault Location Prediction due to Behavior of Simultaneous Fault in Electrical Power System using traveling wave theory" *In Proceedings of the fifth International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2010)*, China, December 2010.
37. A. Ngaopitakkul, C. Apisit, C. Jettanasen, and C. Pothisarn, "Identification of Simultaneous Fault Types in Electrical Power System using the comparisons technique of DWT coefficients" *In Proceedings of the fifth International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2010)*, China, December 2010.
38. C. Jettanasen, A. Ngaopitakkul, and C. Apisit, "Behavior of interturn fault in transformer windings using discrete wavelet transform" *In Proceedings of the fourth IASTED Asian Conference on Power and Energy Systems (AsiaPES2010)*, Thailand, November 2010.
39. C. Pothisarn, A. Ngaopitakkul, W. Pongchaisrikul, C. Apisit, and S. Jonpermpoonpol, "Behavior of winding to ground fault in transformer windings using discrete wavelet transform" *In Proceedings of the fourth IASTED Asian Conference on Power and Energy Systems (AsiaPES2010)*, Thailand, November 2010.
40. A. Ngaopitakkul, and C. Apisit, "Study of Characteristics for Simultaneous Faults in Electrical Power Systems Based on Wavelet Transform" *In Proceedings of the fourth IASTED Asian Conference on Power and Energy Systems (AsiaPES2010)*, Thailand, November 2010.
41. A. Ngaopitakkul, S. Kaitwanidvilai, and C. Apisit, "Coefficient Comparison Technique for identifying the Fault Types in Underground Cable" *In Proceedings of 9th International Power and Energy Conference (IPEC2010)*, Singapore, October 2010.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42. A. Ngaopitakkul, and S. Kaitwanidvilai, "A New Directional Relay Algorithm for the Protection of Transmission Network Systems Using Discrete Wavelet Transform" *In Proceedings of 9th International Power and Energy Conference (IPEC2010)*, Singapore, October 2010.
43. C. Pothisarn, S. Bunjongjit, A. Ngaopitakkul, P. Chiradeja, and B. Suechoey, "Application of Discrete Wavelet Transform and Back-propagation Neural Networks for detecting internal faults of Transformer" *In Proceedings of 16th International Conference on Electrical Engineering (ICEE2010)*, Korea, July 2010.
44. C. Pothisarn, and A. Ngaopitakkul, "Wavelet Transform and Fuzzy Logic Algorithm for Fault Location on Double Circuit Transmission Line" *In Proceedings of 16th International Conference on Electrical Engineering (ICEE2010)*, Korea, July 2010.
45. A. Ngaopitakkul, and C. Pothisarn, "Identification of Simultaneous Fault Types on Transmission Systems using Discrete Wavelet transform" *In Proceedings of 16th International Conference on Electrical Engineering (ICEE2010)*, Korea, July 2010.
46. A. Ngaopitakkul, C. Apisit, C. Pothisarn, C. Jettanasen and S. Jaikhan, "Identification of Fault Location in Underground Distribution System using Discrete Wavelet transform" *In Proceedings of 2010 International MultiConference on Engineering and Computer Scientists 2010(IMECS2010)*, Hong Kong, March 2010.
47. C. Apisit, and A. Ngaopitakkul, "Identification of Fault Types for Underground Cable using Discrete Wavelet transform" *In Proceedings of 2010 International MultiConference on Engineering and Computer Scientists 2010(IMECS2010)*, Hong Kong, March 2009.
48. C. Pothisarn, and A. Ngaopitakkul, "Application of Discrete Wavelet Transform for fault location on Transmission Network Systems" *In Proceedings of the 8th IET International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management (APSCOM2009)*, Paper No. APSCOM2009-47, Hong Kong, November 2009.
49. C. Pothisarn, and A. Ngaopitakkul, "Discrete Wavelet Transform and Back-propagation Neural Networks Algorithm for Fault Classification on Transmission Line" *In Proceedings of IEEE International Conference on Transmission and Distribution (T&D Asia 2009)*, Korea, October 2009.
50. P. Chiradeja, and A. Ngaopitakkul, "Identification of Fault Types for Single Circuit Transmission Line using Discrete Wavelet transform and Artificial Neural Networks" *In Proceedings of 2009*

International MultiConference on Engineering and Computer Scientists 2009 (IMECS2009), Hong Kong, March 2009.

51. A. Ngaopitakkul and C. Pothisarn, "Discrete Wavelet Transform and Back-propagation neural networks algorithm for fault location on Single-circuit transmission line" *In Proceedings of 2004 International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2008), Thailand, February 2009.*

(c) National Conference Papers

1. C. Apisit, and A. Ngaopitakkul, "Identification of Fault Locations in Underground Distribution System using Discrete Wavelet Transform," *In Proceedings of the 33th Electrical Engineering Conference (EECON33), Vol. 1, 1-3 December 2010.*
2. C. Pothisarn, A. Ngaopitakkul, S. Jonpermpoonpol, and W. Pongchaisrikul, "Fault Detection in Power Transformer using compare coefficient of Discrete Wavelet Transform," *In Proceedings of the 33th Electrical Engineering Conference (EECON33), Vol. 1, 1-3 December 2010.*
3. A. Ngaopitakkul, S. Jonpermpoonpol and C. Pothisarn, "Studies of Turn to turn Fault in Power Transformer Using Discrete Wavelet Transform," *In Proceedings of the 32th Electrical Engineering Conference (EECON32), Vol. 1, pp.391-394, 28-30 October 2009.*
4. S. Jonpermpoonpol, A. Ngaopitakkul, "Studies of Winding to ground Fault in Power Transformer Using Discrete Wavelet Transform," *In Proceedings of the 32th Electrical Engineering Conference (EECON32), Vol. 1, pp.383-386, 28-30 October 2009.*
5. S. Surisunthon, A. Ngaopitakkul, "Miscalculation Fault location due to behavior of Simultaneous Faults in Electrical Power Transmission Systems Using Discrete Wavelet Transform," *In Proceedings of the 32th Electrical Engineering Conference (EECON32), Vol. 1, pp.239-242, 28-30 October 2009.*
6. W. Pongchaisrikul, A. Ngaopitakkul, and A.Kunakorn, "Studies of Characteristics of Simultaneous Faults in Electrical Power Transmission Systems Using Discrete Wavelet Transform," *In Proceedings of the 31st Electrical Engineering Conference (EECON31), Vol. 1, 25-26 October 2008.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. A. Ngaopitakkul, T. Patcharoen, A.Kunakorn, and S. Bunjongjit, "Application of Discrete Wavelet Transform and Probabilistic Neural Networks for Detecting Fault Location in Electrical Transmission Systems," In *Proceedings of the 30th Electrical Engineering Conference (EECON30)*, Vol. 1, Paper PW074, 25-26 October 2007.

(d) Book

1. Athapol Ngaopitakkul, "Electrical Transmission Systems," Ladkrabang Book, 2009, ISBN 978-974-8308-98-2.

ประวัติการทำงานที่สำคัญ และ Professional Activities

Reviewer : The 11th International Workshop on Advanced Motion Control (AMC2010), Nagaoka, Japan.

Reviewer : ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics, Communication.

Reviewer : IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2008), Bangkok, Thailand, 2008.

Committee : IEEJ-EIT Joint Symposium : Advanced Technology in Power Systems (2008-2009)

Committee : Illuminating Engineering Association of Thailand (TIEA) (Jan 2008 – Present)

Committee : Thai Mechanical and Electrical Design and Consulting Engineer Association (MECT) (Oct 2008 – Present)

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

Oct 2016 – Present Researcher of Project "Energy Harvesting System from Piezoelectric Material for Power Generation Flooring Application" {Supported by the National Research Council of Thailand, Thailand}

Oct 2016 – Present Head of Research Project "Impact Study of Electrical System in Residential Section between Charging Electric Vehicle from Solar Rooftop or Low-voltage System of Public Utility" {Supported by the National Research Council of Thailand, Thailand}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Oct 2015 – Present Head of Research Project “Development of Intelligent Illumination control to reduce the Energy Consumption for Light Emitting Diode (LED) lamp in Roadway Lighting System” {Supported by the National Research Council of Thailand, Thailand}
- Oct 2015 – Present Researcher of Project “Development of Illumination Control Using Daylight and Zigbee Sensor for Energy Savings in LED Lighting System” {Supported by the National Research Council of Thailand, Thailand}
- Oct 2015 – Present Researcher of Project “Study on Economic Parameters Involved Grid – Connected Solar Rooftop of Residential Sector” {Supported by the Council of Engineers, Thailand}
- Oct 2015 – Present Head of Research Project “Feasibility Study of Developing a Photovoltaic Nano-Grid Integrated with Street Lighting System” {Supported by the Council of Engineers, Thailand}
- Oct 2015 – Present Researcher of Project “Classification lightning and fault in transmission line system” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, Srinakarinwirot, Thailand}
- Oct 2015 – Present Head of Research Project “The Design of Electrical Energy Systems to Reduce Energy Consumption for Building in Faculty of Engineering” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Thailand}
- Oct 2015 – May 2016 Advisor of Research Project “Cut-Off Peak Demand for Residential” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
- Oct 2015 – May 2016 Advisor of Research Project “Development of Experimental Capacitor Bank Set up for Reduce Inrush Current” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
- Oct 2014 – Present Head of Research Project “Development of Illumination control for Energy Saving and Electromagnetic Interference (EMI) Reduction for Light Emitting Diode (LED) and T-5 Fluorescent lamp in Lighting System” {Supported by the National Research Council of Thailand, Thailand}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Oct 2014 – Present Head of Research Project “The Design Illuminance Control for Energy Saving in Lighting System” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Thailand}
- Dec 2013 – Present Head of Research Project “Study and Analysis on Impact and Performance of Distribution System Connected to Multi-Distributed Generation” {Supported by the King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang Research Fund, Thailand}
- Oct 2013 – Present Head of Research Project “Analysis of Energy Consumption and Electromagnetic Interference (EMI) Problems for Light Emitting Diode (LED) Street Light” {Supported by the King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang Research Fund, Thailand}
- Oct 2013 – Apr 2014 Advisor of Research Project “Energy Management in Lighting System for Residence” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
- Oct 2013 – Apr 2014 Advisor of Research Project “Fault diagnosis using discrete wavelet transform in renewable energy system” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
- Dec 2012 – July 2014 Head of Research Project “Development of Earth Terminal Configuration of Towers Using Impulse Characteristics” {Supported by the EGAT Research Fund, Thailand}
- Oct 2012 – Sep 2013 Researcher of Project “Attenuation of Electromagnetic Interference (EMI) in Lighting System” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Thailand}
- Oct 2012 – Apr 2013 Advisor of Research Project “Study of the effects of protective device when the distributed generation is connected in distribution system” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
- Oct 2012 – Apr 2013 Advisor of Research Project “Daylight Control Sensors for Fluorescent” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
- Oct 2012 – Apr 2013 Advisor of Research Project “Study and analysis of the effect of harmonics noise of LED lamp” {Supported by EPPO Fund, Thailand}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Mar 2012 – Sep 2013 Head of Research Project “An Application of Discrete Wavelet Transform and Artificial Intelligent for Fault Diagnosis in Distribution System” {Supported by the National Research Council of Thailand, Thailand}
- Sep 2011 – May 2012 Advisor of Research Project “Study and analysis of harmonics issued from electronic ballast of T5 fluorescent lamp” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
- Oct 2010 – Sep 2011 Researcher of Project “The Classification of fault in power transformer using Discrete Wavelet Transform” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Thailand}
- Sep 2010 – May 2011 Advisor of Research Project “Feasibility and System Impact Study of Energy Saving using T5 in Building” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
- Dec 2009 – Nov 2011 Head of Research Project “An Application of Discrete Wavelet Transform and Artificial Intelligent Algorithm for Simultaneous Fault Diagnosis in Electrical Power Transmission Systems” {Supported by the King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang Fund, Thailand}
- Oct 2009 – Sep 2010 Head of Research Project “Fault Diagnosis in Underground Cable Systems using Discrete Wavelet Transform” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Thailand}
- Oct 2008 – Sep 2009 Researcher of Project “Fault Analysis on Single Circuit Transmission Line Using Discrete Wavelet Transform and Fuzzy Logic” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, Srinakarinwirot, Thailand}
- Oct 2007 – Sep 2008 Researcher of Project “An Application of Discrete Wavelet Transform and Neural Network for Fault Diagnosis in Transmission Systems” {Supported by the Faculty of Engineering Fund, Srinakarinwirot, Thailand}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้