



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชุดควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานและการลดทอน
สัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง
และหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T-5 ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

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

ผศ.ดร.อรรถพล เจ้าพิทักษ์กุล
ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชุดควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานและการลดทอน
สัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง
และหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T-5 ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

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

ผศ.ดร.อรรถพล เสงี่ยมศักดิ์กุล
ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาชุดควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานและการลดทอนสัญญาณ
รบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงและหลอดฟลูออเรสเซนต์
ชนิด T-5 ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2558

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 910,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2557 ถึง กันยายน 2558

รศ.ดร.อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล หัวหน้าโครงการ

ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน ผู้ร่วมคณะวิจัย

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยอัตโนมัติ โดยควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบหรี่แสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความส่องสว่างจะใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลในวงจรตามแสงสว่างที่ตกกระทบ ส่งสัญญาณผ่านชุดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลของไมโครคอนโทรลเลอร์ การสั่งการของไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งผ่านวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงในช่วง 1-10 โวลต์แล้วส่งไปยังบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นการศึกษาเพื่อส่งเสริมการประหยัดการใช้พลังงาน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรส่งผลให้มีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น และต้องการใช้แสงสว่างที่มีอยู่ในธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด

คำสำคัญ : ระบบแสงสว่าง, การจัดการพลังงาน, หลอดไดโอดเปล่งแสง, สัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

Research Title : 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.

Researcher : Assoc.Prof.Dr.Atthapol Ngaopitakkul, Asst.Prof.Dr.Chaiyan Jettanase.

Faculty : Engineering

Department : Electrical Engineering

University : King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

This research project is the development of lighting control with light sensor for fluorescent light bulbs automatically by the microcontroller to work with electronic dimming ballasts of fluorescent light bulbs. The light sensor is used with the photo-transistor which is changed of current flowing in the incident light cycle. Signaling through the conversion of analog signals into digital of microcontroller. To order of the microcontroller will order with DC voltage divider circuits in the range 1-10 V DC voltage is sent to the electronic ballast for control the brightness of the fluorescent light bulbs which are education to promote energy savings due to the increase in population results in a power increase and the use of natural light is optimal.

Keywords : Lighting System, Energy Management, LED Lamp, Electromagnetic Interference

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558 สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัย ที่มอบทุนวิจัยให้แก่การวิจัยในครั้งนี้ ผู้จัดทำโครงการรู้สึกซาบซึ้งต่อความกรุณาของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ทำให้งานวิจัยครั้งนี้ลุล่วงไปด้วยดี ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยวิจัยท่านอื่นๆ ซึ่งให้การสนับสนุนในด้านแรงงานและให้กำลังใจอีกทั้ง ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

รศ.ดร.อรรถพล	เก่งพิทักษ์กุล	หัวหน้าโครงการ
ผศ.ดร.ชัยยันต์	เจตนาเสน	ผู้ร่วมคณะวิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	9
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	10
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	10
1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย.....	16
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	17
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5.....	21
2.1.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5.....	21
2.1.2 ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5.....	22
2.1.3 อุณหภูมิ ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง.....	23
2.2 เทคนิคการหรีแสงหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	24
2.1.1 การปรับวัตต์ไฟเคิลของแรงดันขาออก.....	24
2.1.2 การลดแรงดันขาเข้าของวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้า.....	24
2.1.3 การเพิ่มความถี่ทำงานให้กับวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้า.....	24
2.3 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์.....	24
2.3.1 ลักษณะของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง.....	25
2.3.2 คุณสมบัติของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์.....	25
2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์.....	26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความส่องสว่าง.....	27
2.4.1 โฟโตคอนดักทีฟเซลล์ (LDR).....	28
2.4.2 โฟโตไดโอด (Photo Diode).....	28
2.4.3 โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor).....	29
2.5 ชุดควบคุม.....	30
บทที่ 3 การออกแบบการทดลองและประกอบสร้าง	
3.1 การจำลองด้วยโปรแกรม DIALux.....	33
3.2 การศึกษาทางด้านพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่างโดยใช้ตู้ทดสอบ.....	34
3.3 การออกแบบวงจรเพื่อศึกษาผลของฮาร์มอนิกส์.....	39
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการศึกษาทางด้านพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่างภายในตู้ทดสอบ.....	40
4.2 ผลการศึกษาทางด้านคุณภาพไฟฟ้า.....	45
4.2.1 วัดค่าฮาร์มอนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอด ไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A (ชนิดแรงดันคงที่).....	45
4.2.2 วัดค่าฮาร์มอนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอด ไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B (ชนิดแรงดันคงที่).....	48
4.2.3 วัดค่าฮาร์มอนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอด ไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C (ชนิดแรงดันคงที่).....	52
4.3 ผลการประยุกต์ใช้วงจรกรองตัวต้นแบบ.....	57
4.4 ผลการศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	60
4.4.1 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในกรณีคิด 1 ดวงโคม.....	61
4.4.2 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หลังการติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับ แสงธรรมชาติสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จากตู้ทดสอบ เปรียบเทียบกับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8.....	62
4.4.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หลังการติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับ แสงธรรมชาติสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จากตู้ทดสอบ เปรียบเทียบกับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5.....	63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย.....	65
-------------------------	----

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง.....	67
-------------------------------	----

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.....	ก-1
----------------	-----

ภาคผนวก ข.....	ข-1
----------------	-----

ภาคผนวก ค.....	ค-1
----------------	-----

ประวัตินักวิจัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 1.1	แสดงแผนการดำเนินงานปีที่ 1	12
ตารางที่ 2.1	แสดงลักษณะเฉพาะของหลอด T5 ธรรมดาและหลอด T5 ความเข้มสูง	22
ตารางที่ 2.2	การเปรียบเทียบบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดาและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	26
ตารางที่ 2.3	ข้อดีและข้อเสียของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	27
ตารางที่ 3.1	ตารางบันทึกผลการวัดค่าต่างๆ ที่ได้จากตู้ทดสอบก่อนและหลังที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5	33
ตารางที่ 3.2	แสดงอุปกรณ์ของชุดทดลองแต่ละชิ้น	38
ตารางที่ 4.1	การทดลองครั้งที่ 1 แสดงการวัดค่าต่างๆ ที่ได้จากตู้ทดสอบก่อนและหลังที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5	40
ตารางที่ 4.2	การทดลองครั้งที่ 2 แสดงการวัดค่าต่างๆ ที่ได้จากตู้ทดสอบก่อนและหลังที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5	41
ตารางที่ 4.3	ตารางแสดงข้อมูลเบื้องต้น ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดยี่ห้อ A	45
ตารางที่ 4.4	ตารางแสดงข้อมูลเบื้องต้น ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดยี่ห้อ B	48
ตารางที่ 4.5	ตารางแสดงข้อมูลเบื้องต้น ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดยี่ห้อ C	52
ตารางที่ 4.6	ผลการตรวจวัดค่าของหลอดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A จำนวน 1 ชุด	59
ตารางที่ 4.7	เปรียบเทียบการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 และการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ต่อ 1 ดวงโคม (2 หลอด/โคม)	61
ตารางที่ 4.8	เปรียบเทียบการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 และการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 กับชุดควบคุม ต่อ 2 ดวงโคม (2 หลอด/โคม)	62
ตารางที่ 4.9	เปรียบเทียบการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 และการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 กับชุดควบคุม ต่อ 2 ดวงโคม (2 หลอด/โคม)	63

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ ก-1	แสดงย่านความเข้มแสงที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน
ตารางที่ ก-2	แสดงสีที่ปรากฏของหลอดไฟ
ตารางที่ ก-3	สีที่ปรากฏและการตอบสนองสี
ตารางที่ ข-1	ข้อมูลและฟังก์ชันสำหรับการใช้งาน
ตารางที่ ข-2	คุณสมบัติของตัวตรวจจับ
ตารางที่ ข-3	คุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์
ตารางที่ ข-4	คุณลักษณะทั่วไป

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
รูปที่ 1.1	แถลงเปิดตัวงาน LED Expo 2013 ต่อสื่อมวลชน
รูปที่ 1.2	คาดการณ์แนวโน้มปริมาณการใช้หลอดไฟชนิดต่างๆ จากปัจจุบันถึง 20 ปีข้างหน้า
รูปที่ 1.3	แสดงหลอดไดโอดเปล่งแสงกับการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน
รูปที่ 1.4	ผู้บริหารของ PEA และ L&E เข้าร่วมเป็นสักขีพยานลงนามทำสัญญาจัดซื้อหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ขึ้นเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2555
รูปที่ 1.5	ลักษณะการนำแสงธรรมชาติเข้ามาติดตั้งและการใช้งาน
รูปที่ 1.6	ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)
รูปที่ 1.7	แสดงบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์คุณภาพต่าง ๆ
รูปที่ 1.8	ลักษณะการติดตั้งและการใช้งาน
รูปที่ 2.1	แสดงลักษณะข้อของหลอด T12 T8 และ T5
รูปที่ 2.2	แสดงการลดลงของความสว่างของหลอดเมื่อใช้งาน
รูปที่ 2.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์การส่องสว่าง และ อุณหภูมิแวดล้อมหลอด T5 และ T8
รูปที่ 2.4	วงจรการต่อใช้งานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
รูปที่ 2.5	โฟโตคอนดักตีฟเซลล์
รูปที่ 2.6	แสดงสัญลักษณ์ และการไบอัสใช้งาน
รูปที่ 2.7	แสดงสัญลักษณ์ โครงสร้าง และวงจรสมมูล ของโฟโตทรานซิสเตอร์
รูปที่ 2.8	บอร์ด Arduino Uno R3
รูปที่ 3.1	บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดควบคุมแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์อัตโนมัติ
รูปที่ 3.2	โพลาร์ชาร์ตของชุดควบคุมแสงสว่างเมื่อเริ่มทำการเปิดชุดควบคุม
รูปที่ 3.3	การจำลองตู้ทดสอบโดยใช้โปรแกรม DIALux
รูปที่ 3.4	แบบร่างตู้ทดสอบที่ออกแบบ
รูปที่ 3.5	ตู้ทดสอบที่ได้จัดทำ
รูปที่ 3.6	ดวงโคมที่ทำการทดสอบ
รูปที่ 3.7	วงจรไฟฟ้าภายในตู้ทดสอบ
รูปที่ 3.8	วงจรขยายสัญญาณแรงดัน
รูปที่ 3.9	ชั้นหลอดไฟที่ใช้ในการศึกษา
รูปที่ 3.10	วิธีการวัดค่าต่าง
รูปที่ 4.1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและเวลาในหนึ่งวัน เมื่อเปิดบานเกล็ดที่มุมต่างๆ
รูปที่ 4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและเวลาในหนึ่งวัน เมื่อเปิดบานเกล็ดที่มุมต่างๆ

รูปที่ 4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลาในหนึ่งวัน เมื่อเปิดบานเกล็ดที่มุมต่างๆ	43
รูปที่ 4.4	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างเฉลี่ยและเวลาในหนึ่งวัน เมื่อเปิดบานเกล็ดที่มุมต่างๆ	44
รูปที่ 4.5	รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A (1 ชุดขับ 1หลอด)	46
รูปที่ 4.6	รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A (9 ชุดขับ 9หลอด)	47
รูปที่ 4.7	ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์เมื่อมีการใช้งานชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A	48
รูปที่ 4.8	รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B (1 ชุดขับ 1หลอด)	49
รูปที่ 4.9	รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B (9 ชุดขับ 9หลอด)	50
รูปที่ 4.10	ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์เมื่อมีการใช้งานชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B	51
รูปที่ 4.11	รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C (1 ชุดขับ 1หลอด)	52
รูปที่ 4.12	รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C (9 ชุดขับ 9หลอด)	53
รูปที่ 4.13	ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์เมื่อมีการใช้งานชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C	54
รูปที่ 4.14	เปรียบเทียบค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์ ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิด A B และ C จำนวน 1 ชุด	55
รูปที่ 4.15	เปรียบเทียบค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิด A B และ C จำนวน 9 ชุด	56
รูปที่ 4.16	วงจรกรองสัญญาณรบกวนสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวน 1 หลอด	57
รูปที่ 4.17	กระแสฮาร์โมนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A จำนวน 1 ชุด	58
รูปที่ 4.18	เปรียบเทียบค่ากระแสฮาร์โมนิกส์ทั้งก่อนและหลังใส่วงจรกรองสัญญาณรบกวนของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวน 1 หลอดกับมาตรฐาน IEC1000-3-2	60

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
รูปที่ ก-1 ความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่างในรูปของฟุต-แคนเดิลและลักซ์	ก-2
รูปที่ ก-2 ลักษณะของเครื่องวัดปริมาณแห่งการส่องสว่างซึ่งมี ฟุต-แคนเดิลมิเตอร์ และลักซ์มิเตอร์	ก-3
รูปที่ ก-3 ปริมาณแห่งการส่องสว่างหรือการส่องสว่าง ซึ่งจะลดลงเมื่อระยะทางเปลี่ยนแปลงไปโดยจะแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง	ก-4
รูปที่ ก-4 ความสัมพันธ์ของการส่องสว่างกับความจ้า (ฟุต-แคนเดิลกับฟุตแลมเบิร์ต)	ก-5
รูปที่ ข-1 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส	ข-1
รูปที่ ข-2 บอร์ด Arduino Uno R3	ข-2
รูปที่ ข-3 ตัวตรวจจับ (เซ็นเซอร์)	ข-4
รูปที่ ข-4 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของเส้นโค้งความต้านทานของ GL5528	ข-4
รูปที่ ข-5 บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์	ข-5
รูปที่ ข-6 ภายในตู้ทดสอบ	ข-8

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้านับเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการดำรงชีวิตประจำวัน ปรับปรุงคุณภาพชีวิต และขับเคลื่อนการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศ จึงอาจกล่าวได้ว่า พลังงานไฟฟ้าเปรียบเสมือนเส้นเลือดใหญ่ของสังคมในทุกวันนี้และในอนาคต ซึ่งความต้องการพลังงานไฟฟ้าในทุกภูมิภาคของประเทศไทย นั้นมีมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง และนับวันยิ่งมีปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มสูงมากขึ้น ดังนั้นหากไม่ตระหนักถึงการลดปริมาณการใช้ เชื่อได้ว่า อนาคตพลังงานจะต้องหมดสิ้นไป ดังนั้น คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพข.) ในการประชุมครั้งที่ 6/2552 (ครั้งที่ 128) เมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน 2552 ได้มีมติให้นำเสนอแนวทางการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมส่วนราชการและรัฐวิสาหกิจต่อคณะรัฐมนตรี ซึ่งได้มีการประชุมเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2552 โดยมีมติให้ทุกกระทรวงให้ความร่วมมือในการดำเนินงานโครงการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมภาครัฐตามที่กระทรวงพลังงานเสนอ นอกจากนี้ กระทรวงพลังงานโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพข.) ออกกฎกระทรวงว่า ด้วยกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ไว้ดังนี้ การก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารควบคุม หากมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมาตรฐานการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประกอบด้วย 6 ระบบด้วยกัน โดยที่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหนึ่งในระบบที่ต้องออกแบบค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดหรือค่าวัดต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งานเป็นไปตามกฎกระทรวง จะเห็นได้ว่า ในปัจจุบันประเทศไทยให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น

การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร พบว่า จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบส่องสว่างอยู่ประมาณ 30% ดังนั้นการประหยัดพลังงานแสงสว่างจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย และลดต้นทุนการผลิตหรือการดำเนินการต่างๆ ได้ ปัจจุบันเทคโนโลยีส่องสว่างได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สำหรับประเทศไทย ทางภาครัฐได้มีการส่งเสริมการใช้หลอดประหยัดพลังงานหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ รุ่น T5 โดยในปีพ.ศ. 2550 กพผ. เปิดตัวโครงการ “เครือข่ายร่วมลดโลกร้อน ด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นใหม่เบอร์ 5” โดยมีเป้าหมายเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T8 เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 จำนวนหลายล้านหลอด เพื่อช่วยบรรเทาให้เกิดการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของทั้งประเทศ นอกจากกรณีทางด้านหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 แล้ว การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้มีการรณรงค์ให้มีการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) อีกด้วย โดยคุณสุทัศน์ ปัทมสิริวัฒน์ ผู้ว่าการการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) และทีมงานจากหลากหลายองค์กร ดังแสดงในรูปที่ 1 แอลง่าวเปิดตัวงาน Thailand LED Expo 2013 ในวันที่ 23-25 พฤษภาคม

2556 ณ เมืองทองธานี กรุงเทพมหานคร ซึ่งงาน Thailand LED Expo 2013 เป็นเวทีที่ผู้ประกอบการชั้นนำได้นำเสนอผลิตภัณฑ์ LED โดยตรงต่อผู้บริโภค



รูปที่ 1.1 แลงเปิดตัวงาน LED Expo 2013 ต่อสื่อมวลชน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ในปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ส่งเสริมการใช้หลอดประหยัดพลังงาน คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ รุ่น T5 และหลอดไดโอดเปล่งแสงหรือหลอดแอลอีดี (LED) อย่างไรก็ดี หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 ยังไม่แพร่หลาย เนื่องจาก ข้อจำกัดทางกายภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 ไม่สามารถใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T12 จากเหตุผลข้างต้น การอนุรักษ์พลังงานด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 สำหรับในประเทศไทยนั้นจึงไม่เป็นที่แพร่หลาย ในขณะที่ความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ ทำให้เทคโนโลยีของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) นั้นก้าวหน้าอย่างรวดเร็วตามไปด้วย ปัจจุบันได้มีการนำหลอด

ไดโอดเปล่งแสง (LED) มาใช้ประโยชน์แพร่หลายมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น สัญญาณจราจร ไฟท้ายรถยนต์ ไฟให้สัญญาณของอาคาร จอภาพยนตร์ขนาดใหญ่ จากการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ทำให้ตลาดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) แบบที่มีแสงสว่างได้เติบโตอย่างรวดเร็วจาก 122 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี 2538 เป็น 3,900 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี 2548 และคาดว่าจะในอนาคตเติบโตขึ้นในอัตราสูงถึงปีละ 25% ดังนั้นอาจจะเป็นไปได้ว่า อนาคตต่อไปนี้ ทุกอย่างที่เป็นอุปกรณ์ที่ส่องสว่างทั้งหมด จะถูกผลิตขึ้นมาโดยมีหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) เป็นส่วนประกอบ ก็เป็นไปได้

จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นหลายๆ ประเทศได้ส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) เพื่อลดการใช้พลังงาน จึงประกาศยกเลิกใช้หลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์แล้วได้หันมาใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) กันหมด เนื่องจากหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) นั้นมีประโยชน์หลายๆ อย่าง แต่ข้อเสียของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) นั้นคือ มีราคาแพงกว่าหลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 2-3 เท่า แต่หลายๆ ประเทศก็ยังเลือกใช้กันเนื่องจากหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) มีอายุการใช้งานที่มากกว่าหลอดไส้หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์หลายเท่า โดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 50,000 ชั่วโมง หรือ 4-5 ปี เลยทีเดียวและหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) เมื่อใช้ไปนานๆ จะเกิดจุดคั่งหม่น และทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน จึงกล่าวได้ว่า เทคโนโลยีหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วและมีแนวโน้มว่าอาจจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟประเภทอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่

2



รูปที่ 1.2 คาดการณ์แนวโน้มปริมาณการใช้หลอดไฟชนิดต่างๆ จากปัจจุบันถึง 20 ปีข้างหน้า

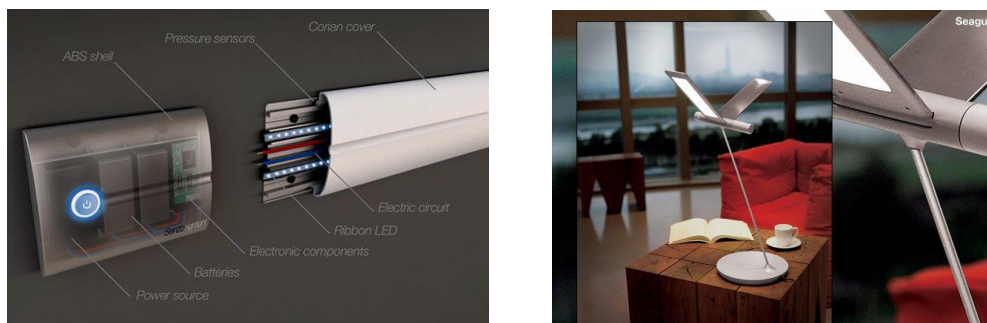
จากเหตุผลข้างต้น ในระบบแสงสว่างจึงมีการสนับสนุนให้ใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) เป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในภาคเอกชนนั้นได้มีการนำหลอดไดโอดเปล่งแสงเข้ามาใช้ใน ชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยเฉพาะภาครัฐเริ่มมีการนำหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) มาใช้งาน โดยเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2555 ผู้ว่าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) คุณนัชชัย หล่อวัฒนตระกูล ลงนามในสัญญาซื้อพร้อม ติดตั้งหลอดประหยัดพลังงานประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ภายในสำนักงานใหญ่ จำนวน 5,000 หลอด ร่วมกับบริษัท โลห์ติ่ง แอนด์ อีควิปเมนต์ จำกัด (มหาชน) เพื่อเดินหน้านำร่องการอนุรักษ์พลังงาน ในสำนักงานใหญ่ ให้เป็นอาคารภาครัฐแบบอย่างด้านการประหยัดพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 4 จากการที่ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นผู้ริเริ่มนำหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) มาใช้ในอาคารขนาดใหญ่ทดแทนหลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์แบบเดิมนั้น จึงเป็นก้าวอย่างที่สำคัญและเป็นตัวอย่างที่ดีให้บริษัทและห้างร้านต่างๆ รวมทั้ง หน่วยงานรัฐตระหนักถึงการใชพลังงานด้านไฟฟ้าแสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งนอกจากจะช่วยลด ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างแล้ว ยังสามารถช่วยรัฐลดการลงทุนด้านโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าได้ อีกทางหนึ่ง รวมถึงการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วยโครงการดังกล่าวของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยังมี ส่วนกระตุ้นให้ผู้ประกอบการภาคเอกชนเห็นถึงโอกาสทางธุรกิจในด้านนี้ ส่งผลให้มีการพัฒนาอุตสาหกรรม ด้านนี้อย่างจริงจังซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการของไทยเมื่อประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) มีผล บังคับใช้อย่างเป็นทางการในปี 2558



(ก) คอมพิวเตอร์ร้านค้าที่สนามบินสุวรรณภูมิ



(ข) หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) มาประยุกต์ใช้ภายในอาคาร



(ค) หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) มาประยุกต์ใช้ภายในที่อยู่อาศัย
รูปที่ 1.3 แสดงหลอดไดโอดเปล่งแสงกับการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน



รูปที่ 1.4 ผู้บริหารของ PEA และ L&E เข้าร่วมเป็นสักขีพยานลงนามทำสัญญาจัดซื้อหลอดหลอด
ไดโอดเปล่งแสง (LED) ขึ้นเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2555

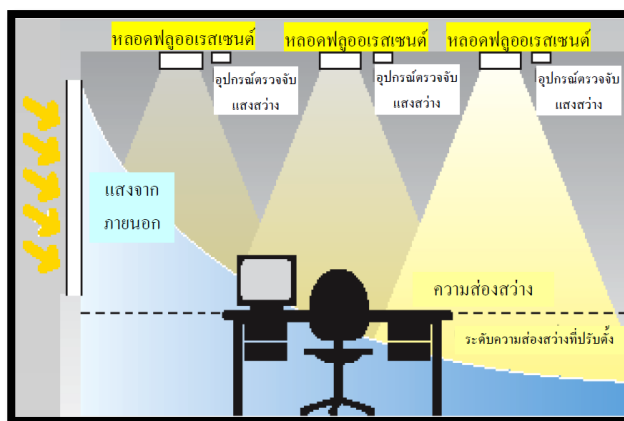
ดังที่กล่าวมาข้างต้น จากการที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นผู้เริ่มนำหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) มาใช้ในอาคารขนาดใหญ่ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเดิมนั้น จึงเป็นก้าวที่สำคัญและเป็นตัวอย่างที่ดีให้หน่วยงานรัฐตระหนักถึงการใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากการไฟฟ้าทั้งสามแห่งจะเห็นความสำคัญของการลดการใช้พลังงานแล้วนั้น นายพงษ์ศักดิ์ รักตพงศ์ไพศาล รมว.พลังงาน เผยว่า ที่ประชุมคณะกรรมการกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ได้อนุมัติงบประมาณจำนวน 2,657 ล้านบาท เพื่อดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน 3 โครงการ คือ

- 1) การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนอาคารภาครัฐวงเงิน 1,187 ล้านบาท
- 2) ปรับเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเดิมเป็นหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ของโรงพยาบาลในความดูแลของกระทรวงกลาโหม 400 ล้านบาท
- 3) งบประมาณประชาสัมพันธ์และรณรงค์ประหยัดพลังงาน 1,070 ล้านบาท

นอกจากนี้ เมื่อวันที่ 10 เมษายน 2556 นายคณิต เอี่ยมระหงส์ ผู้ว่าราชการจังหวัดสมุทรปราการ และนายสุเทพ เหลี่ยมศิริเจริญ ผู้อำนวยการสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้เป็นประธานเปิดโครงการ “อุตสาหกรรมประหยัดไฟ ช่วยไทยลดใช้พลังงาน โดยจังหวัดสมุทรปราการได้จับมือกระทรวงอุตสาหกรรมและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กระตุ้นอุตสาหกรรมทั่วประเทศเปลี่ยนใช้หลอดประหยัดไฟ 100 ล้านดวง ลดมูลค่าการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม 72,500 ล้านบาท ชู “จังหวัดสมุทรปราการ” พื้นที่อุตสาหกรรมหลักของไทย เป็นจังหวัดต้นแบบความร่วมมือเปลี่ยนอุปกรณ์ส่องสว่างเป็นหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) พร้อมกันครั้งใหญ่ 1 ล้านดวงช่วยชาติประหยัดไฟ 725 ล้านบาท

จะเห็นได้ว่า การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ามีการส่งเสริมและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) แล้ว ในปัจจุบันในอาคารสำนักงาน หรือพื้นที่มีแสงสว่างจากภายนอกส่องถึง ทำให้มีการใช้แสงสว่างจากภายนอกพร้อมกับแสงสว่างในระบบแสงสว่าง ซึ่งตามมาตรฐานการส่องสว่างของ International Commission Illumination (CIE) ได้กำหนดให้ พื้นที่ปฏิบัติงานในอาคารสำนักงานควรมีค่าความสว่างอยู่ที่ 300-500 ลักซ์ ในทางปฏิบัติสำนักงานส่วนมากจะทำงานในตอนกลางวันทำให้มีแสงสว่างจากภายนอกเข้ามาเป็นส่วนช่วยในการให้แสงสว่าง ทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้ภายในสำนักงานไม่จำเป็นต้องใช้งานเต็มกำลัง โดยหลอดไฟฟ้าบริเวณดังกล่าวอาจทำงานที่ 80 เปอร์เซ็นต์ก็เพียงพอต่อแสงสว่างที่ต้องการในการปฏิบัติงาน ดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นที่มาของเทคโนโลยีการควบคุมแสงสว่าง ที่นิยมใช้ในระบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของเซนเซอร์แสงสว่าง และชุดควบคุมแสงสว่างดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งการใช้แสงสว่างภายนอกพร้อมกับแสงสว่างจากหลอดไฟฟ้านี้จะเป็นการลดการใช้พลังงานในส่วนที่ไม่จำเป็น และยังสามารถเพิ่มอายุการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสงได้อีกด้วย จึงถือได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานอย่างแท้จริง



รูปที่ 1.5 ลักษณะการนำแสงธรรมชาติเข้ามาติดตั้งและการใช้งาน

อย่างไรก็ดี จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร พบว่า เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติยังมิได้มีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายเท่าเทียมกับการประยุกต์ใช้ทรัพยากรธรรมชาติประเภทอื่นๆ โดยเหตุผลหลักที่เป็นอุปสรรคต่อการประยุกต์ใช้เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติกับอาคารได้แก่ การขาดความรู้ความเข้าใจถึงองค์ประกอบของเทคนิคการใช้แสงธรรมชาติแบบต่างๆ การขาดความรู้ความเข้าใจในการออกแบบระบบอาคารที่เอื้อต่อการใช้แสงธรรมชาติ และการขาดความรู้ความเข้าใจทางด้านประสิทธิภาพของเทคนิคการใช้แสงธรรมชาติ ด้วยการเล็งเห็นถึงศักยภาพของแสงธรรมชาติที่เป็นแสงสว่างจากแหล่งพลังงานทดแทนที่ให้ปริมาณแสงที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง ในปัจจุบันนั้น บางอาคารได้มีการริเริ่มนำแสงธรรมชาติเข้ามาช่วยในเรื่องของการประหยัดพลังงาน เช่น อาคาร BU Diamond ของมหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต เป็นอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงานไฟฟ้า เน้นการใช้แสงธรรมชาติ เป็นต้น ถึงแม้ว่า จะมีเทคโนโลยีทางการใช้แสงธรรมชาติจะเป็นเรื่องดี แต่เทคโนโลยีนี้ยังอยู่ในช่วงของการวิจัยทดลองและบางเทคโนโลยีได้มีการนำมาจำหน่ายในท้องตลาดแล้ว แต่ยังมีราคาแพงอยู่ โครงการวิจัยนี้จึงมีการนำเสนอระบบควบคุมแสงสว่างร่วมกับแสงธรรมชาติ (Automated Lighting Control Systems) มาบูรณาการเข้ากับแบบอาคาร ซึ่งถือเป็นกุญแจสำคัญในการลดพลังงานที่ใช้ไปในระบบแสงสว่างของอาคาร โดยปรับแต่งระดับของแสงสว่างให้สอดคล้องกับพื้นที่และกิจกรรมที่เกิดขึ้นในสถานที่ต่างๆ เพื่อส่งเสริมการใช้แสงธรรมชาติกับอาคาร

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า แนวโน้มการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ได้รับการสนับสนุนทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชนถึงแม้ว่า หลอดไดโอดเปล่งแสงจะเป็นนิยมนำมาใช้กัน แต่อย่างไรก็ดี หลอดไดโอดเปล่งแสงจำเป็นต้องมีชุดขับหลอดดังแสดงในรูปที่ 6 เพื่อให้หลอดเกิดความสว่าง ซึ่งชุดขับหลอดนี้เป็นอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสัญญาณรบกวน ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาต่อระบบไฟฟ้า เนื่องจาก การรบกวนดังกล่าวจะส่งผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ในระบบทำงานผิดพลาดได้ เช่น ความร้อนที่สูงเกิน การสั่นของเครื่องจักรกล การลัมเบลวของมอเตอร์ กระแสนิวตรอนที่มากเกินไป เป็นต้น นอกจากนี้ การรบกวนดังกล่าว อาจส่งผลกระทบต่อมาตรวัดกำลังไฟฟ้าซึ่งจะทำให้ค่าที่มาตรวัดวัดออกมาได้มีความผิดพลาดไป ด้วยเหตุนี้เองทำให้ผู้ใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสงอาจจะต้องจ่ายเงินค่าไฟฟ้าที่

ไม่เป็นไปตามความเป็นจริง ซึ่งอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ได้ จะเป็นการส่งผลเสียต่อตัวผู้ใช้งานเอง ซึ่งแน่นอนว่า หลอดไดโอดเปล่งแสงมีอยู่หลายยี่ห้อและหลายเกรด ทำให้ราคาแตกต่างกันตามคุณภาพ โดยในการติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสงตามอาคาร สำนักงานและโรงพยาบาล อาจใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ไม่ได้มาตรฐานหรือได้มาตรฐานแต่คุณภาพไม่ดีนัก เนื่องด้วยปัจจัยทางด้านราคา



รูปที่ 1.6 ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)

สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 นั้น ต้องใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นบัลลาสต์เฉพาะสำหรับหลอดฟลูออ

อเรสเซนต์รุ่น T5 โดยทั่วไปบัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 ไม่สามารถใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T12 ได้เช่นเดียวกัน และอีกทั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อยู่ก็มีทั้งที่มีคุณภาพสูงและคุณภาพต่ำดังแสดงในรูปที่ 7

จากรูปที่ 7 ได้แสดงให้เห็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพแตกต่างกันออกไป ซึ่งมีทั้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งบางชนิดไม่ได้รับการรับรองมาตรฐาน เช่น มาตรฐาน **CE** ซึ่งเป็นเครื่องหมายแสดงว่าสินค้านั้นมีการออกแบบและการผลิตที่ได้มาตรฐานความปลอดภัยตามข้อกำหนดในระเบียบข้อบังคับด้านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม EU เพื่อให้ผู้บริโภคใน EU มีความมั่นใจถึงความปลอดภัยในการใช้สินค้าและการจัดการตามมาตรการพิทักษ์รักษาและลดผลกระทบที่อาจมีต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพสูงนั้นจะก่อให้เกิดฮาร์โมนิกส์ (ในย่านความถี่ต่ำ) หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (ในย่านความถี่สูง) ที่น้อยแต่มีราคาแพง แต่ในทางตรงกันข้ามการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาถูกจะก่อให้เกิดฮาร์โมนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่สูงเนื่องจากมีคุณภาพต่ำ และสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนั้นจะส่งผลต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไวต่อสัญญาณรบกวนตัวอื่นๆที่ต่อรวมอยู่ในระบบด้วย ทำให้อายุการใช้ของงานอุปกรณ์นั้น ๆ ลดลงหรือเกิดความเสียหายได้ อีกทั้งในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงาน ถ้าหากมีการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพต่ำรวมกันภายในระบบเป็นจำนวนมาก อาจจะส่งผลกระทบต่อมาตรการวัดกำลังไฟฟ้าซึ่งจะทำให้ค่าที่มาตรวัดวัดออกมาได้มีความผิดพลาดไปเช่นเดียวกับหลอดไดโอดเปล่งแสง ด้วยเหตุนี้เอง โครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาเปรียบเทียบ

ผลกระทบของสัญญาณรบกวนในย่านความถี่ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากชุดหลอดไดโอดเปล่งแสงและหลอด ฟลูออเรสเซนต์ รวมถึงออกแบบวงจรกรองสัญญาณรบกวนมากรองสัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดไฟฟ้าทั้งสองชนิด



รูปที่ 1.7 แสดงบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์คุณภาพต่าง ๆ

กล่าวโดยสรุป จากนโยบายด้านการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะช่วยเผยแพร่ข้อมูลและส่งเสริมการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงและหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 อีกทั้งยังพัฒนาชุดอุปกรณ์เพื่อควบคุมแสงสว่างเพื่อนำมาใช้ในการควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟฟ้าในเวลากลางวัน (เรียกว่า daylight) ให้เปลี่ยนแปลงอัตโนมัติตามมาตรฐานแสงสว่าง นอกจากนี้ยังเสนอแนะแนวทางในการลดปัญหาด้านฮาร์โมนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากระบบดังกล่าว เพื่อช่วยบรรเทาให้เกิดการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของทั้งประเทศ อีกทั้งยังเป็นการลดภาระการนำเข้าด้านเชื้อเพลิง และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้นำไปสู่การลดภาวะโลกร้อนอย่างยั่งยืนต่อไป นับได้ว่างานวิจัยนี้เป็นการส่งเสริมการใช้หลอดประหยัดพลังงานในอาคารควบคุมภาครัฐหากชิ้นงานวิจัยนี้เป็นที่แพร่หลายในสังคมจะยิ่งทำให้การประหยัดพลังงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อรณรงค์ให้ประชาชนชาวไทยลดความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศโดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 หรือ หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)
- 1.2.2 เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง เพื่อให้ได้ระดับความส่องสว่างเหมาะสมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารควบคุม และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
- 1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) และหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T5 เพื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพที่สูงสุดในทุกๆ ด้าน โดยเฉพาะด้านพลังงาน

- 1.2.4 เพื่อศึกษาและออกแบบการสร้างอุปกรณ์ที่ช่วยลดฮาร์โมนิกส์และสัญญาณรบกวนที่มีราคาประหยัดและมีคุณภาพเพื่อช่วยลดผลกระทบกับระบบไฟฟ้าและมีความเหมาะสมที่สุด
- 1.2.5 เพื่อให้ได้วงจรกรองสัญญาณรบกวนที่ออกแบบร่วมกับอุปกรณ์ประกอบระบบแสงสว่างที่มีราคาไม่สูงแทนที่จะใช้อุปกรณ์ประกอบระบบแสงสว่างที่มีราคาสูงเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่าย

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

- 1.3.1 ระบบแสงสว่างที่พิจารณาคือหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ที่ใช้งานร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้ชุดขับเพื่อให้เกิดแสงสว่าง
- 1.3.2 วัดสัญญาณกระแสไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า, สัญญาณฮาร์โมนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากระบบแสงสว่างที่พิจารณา
- 1.3.3 ออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสงและหลอดฟลูออเรสเซนต์
- 1.3.4 ออกแบบวงจรกรองสัญญาณรบกวนเพื่อลดระดับสัญญาณเพื่อให้สอดคล้องตามมาตรฐานที่กำหนด
- 1.3.5 ตรวจสอบประสิทธิภาพของวงจรกรองที่ออกแบบโดยการนำไปใส่ในระบบจริงที่พิจารณา แล้ววัดค่าของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือสอดคล้องตามมาตรฐานที่พิจารณาหรือไม่

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

- 1.4.1 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

โครงการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าของประเทศโดยตรง อาทิ กรมอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงาน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวงรวมถึงการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อีกทั้งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้อาจเป็นประโยชน์ต่อบริษัทหรือผู้ประกอบการเกี่ยวกับอุปกรณ์แสงสว่าง เพื่อทราบถึงผลดีหรือผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น นอกจากนี้ ยังสามารถนำผลงานที่ได้จากโครงการวิจัยไปนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติหรือระดับนานาชาติเพื่อที่นักวิจัยอื่น ๆ ที่สนใจเกี่ยวกับประเด็นศึกษานี้ จะได้รับทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ด้วย ซึ่งอาจทำให้เกิดการวิจัยต่อยอด ที่อาจนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นในอนาคต

- 1.4.2 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

การดำเนินการวิจัยตลอดโครงการ มีรายละเอียดดังนี้

1. จัดเตรียมอุปกรณ์หลักที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยทั้งหมด ได้แก่ มาตรฐานวัดปริมาณทางไฟฟ้า ออสซิลโลสโคป บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ชุดหลอดไฟฟ้าทั้งสองชนิด มาตรฐานวัดส่องสว่าง เครื่องวิเคราะห์ฮาร์โมนิกส์ เป็นต้น

2. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ รุ่น T5, หลอดไดโอดเปล่งแสงและการออกแบบวงจรกรองฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวน ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานของหลอดไฟฟ้าทั้งสองชนิด
3. ติดตั้งอุปกรณ์และทำการวัดค่าและเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพต่างๆ กัน เช่น ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน, กำลังไฟฟ้า, พลังงานไฟฟ้า, ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor), ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวม (total harmonic distortion) เป็นต้น รวมถึงเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสเปกตรัมของสัญญาณกระแสเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเบื้องต้น
4. ติดตั้งอุปกรณ์และทำการวัดค่าและเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสงร่วมกับชุดขับที่มีคุณภาพต่างๆ กัน เช่น ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน, กำลังไฟฟ้า, พลังงานไฟฟ้า, ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor), ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์รวม (total harmonic distortion) เป็นต้น รวมถึงเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสเปกตรัมของสัญญาณกระแสเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเบื้องต้น
5. ทำการออกแบบและติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่างและพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างที่พิจารณา เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลทางแสง รวมไปถึงข้อมูลทางด้านพลังงานไฟฟ้า จากนั้นนำผลที่ได้จากการติดตั้งในแต่ละกรณีศึกษามารวบรวมเพื่อศึกษาถึงข้อบกพร่องและ แนวทางแก้ไขที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป
6. นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาปรับปรุงชุดควบคุมต้นแบบ
7. ทำการออกแบบและติดตั้งวงจรกรองฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนที่เกิดจากระบบแสงสว่างที่พิจารณา เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง จากนั้นนำผลที่ได้จากการติดตั้งในแต่ละกรณีศึกษามารวบรวมเพื่อศึกษาถึงข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป
8. นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาปรับปรุงวงจรกรองต้นแบบ
9. สรุปผลการศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และเขียนบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

1.4.3 สถานที่ดำเนินการ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

1.4.4 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการโครงการวิจัย 1 ปี (ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึง กันยายน 2558)

1) การดำเนินงานในเดือนที่ 1

- จัดเตรียมอุปกรณ์หลักที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยทั้งหมดได้แก่ อุปกรณ์สำหรับสร้างชุดต้นแบบ ชุดหลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบ อุปกรณ์และเครื่องมือวัด เป็นต้น
- ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในทุกๆ ด้าน เช่น มาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวกับการติดตั้งแสงสว่างภายในอาคาร มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าของบริภัณฑ์ส่องสว่าง เป็นต้น

2) การดำเนินงานในเดือนที่ 2 ถึงเดือนที่ 6

- นำข้อมูลที่รวบรวมมาจากเดือนที่ 1 พิจารณาค่าในการออกแบบชุดควบคุมแสงสว่างเปรียบเทียบกับมาตรฐานเกี่ยวกับการติดตั้งแสงสว่างภายในอาคารของประเทศไทยในปัจจุบัน
- เริ่มทำการสร้างชุดทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยทำการวัดค่าและเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการใช้งานของหลอดไฟฟ้า เช่น ลักษณะการกระจายแสง ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน, ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor), ค่าฮาร์มอนิกส์ที่เกิดขึ้น เป็นต้น
- ในเดือนที่ 6 จัดทำรายงานความก้าวหน้าในหกเดือนแรก
- นำข้อมูลที่ได้จากชุดทดลองในห้องปฏิบัติการมาทำการติดตั้งที่ภาคสนาม เพื่อทำการวัดค่าและเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการใช้งานจริง

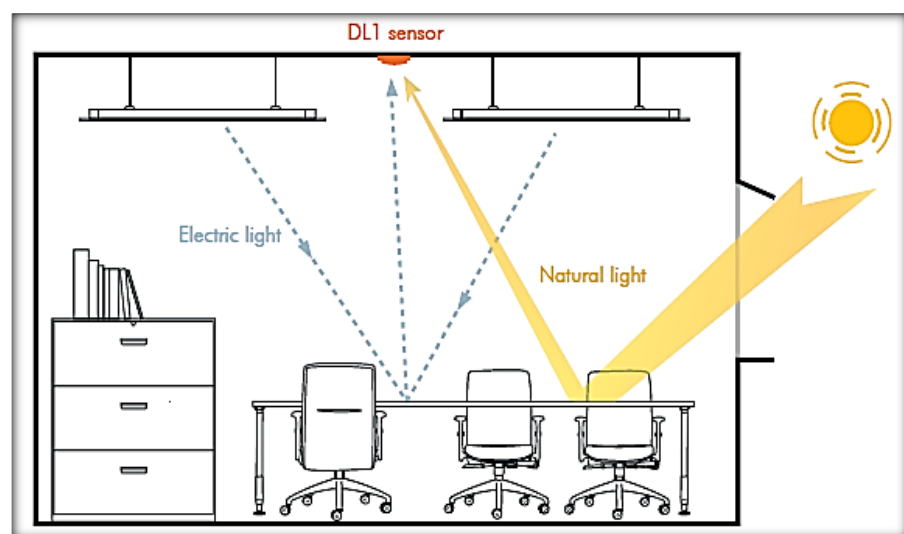
3) การดำเนินงานในเดือนที่ 7 ถึงเดือนที่ 12

- ทำการศึกษาและวิเคราะห์ฮาร์มอนิกส์และสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นทั้งในย่านความถี่ต่ำ และความถี่สูง และพิจารณาระดับของสัญญาณรบกวนโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด
- ในกรณีที่ฮาร์มอนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบมีค่าสูงเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด ทำการหาวิธีการลดทอนสัญญาณรบกวนให้อยู่ในระดับที่สอดคล้องกับมาตรฐานเพื่อความปลอดภัยของระบบข้างเคียงและตัวระบบเอง
- ในเดือนที่ 10 และเดือนที่ 11 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาทำการปรับปรุงตัวต้นแบบ พร้อมทั้งรวบรวมผลการวิจัยและนำมาเขียนบทความวิชาการ
- ในเดือนที่ 12 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

“แสงสว่าง” มีความสำคัญกับมนุษย์มาก การออกแบบระบบแสงสว่างที่ดีนั้นนอกจากจะส่งผลต่อการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ถูกต้องแม่นยำ ช่วยลดอุบัติเหตุแล้ว การเลือกชนิดหลอดไฟ อุปกรณ์ประกอบให้ตรงกับประเภทและลักษณะการใช้งานที่เหมาะสม รวมไปถึงการดูแลรักษาทำความสะอาด หลอดไฟระบบแสงสว่างอย่างสม่ำเสมอจะช่วยประหยัดพลังงานลดค่าใช้จ่ายอีกด้วยด้วย ในปัจจุบัน แนวทางการทำให้ระบบแสงสว่างมีประสิทธิภาพมีหลากหลายวิธี เช่น เลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสมตามลักษณะการใช้งาน, ออกแบบระบบแสงสว่างให้เหมาะสม, การบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างให้สม่ำเสมอ เป็นต้น เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติเป็นเทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่างเทคนิคหนึ่งที่ได้รับการอ้างอิงถึงมากขึ้นเรื่อยๆ โดยจากการจำลองและการเก็บข้อมูลจากอาคารจริงในต่างประเทศพบว่า เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ประโยชน์จากแสงสว่างในเวลากลางวัน แสงธรรมชาติส่องผ่านหน้าต่างจึงทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้แสงจากหลอดไฟฟ้ามาก จึงสามารถปรับระดับแสงสว่างจากชุดอุปกรณ์ตรวจจับระดับแสงอัตโนมัติเพื่อหรือทำให้สว่างตามที่ต้องการอย่างอัตโนมัติ วิธีการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างในเวลากลางวันโดยอัตโนมัติประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ (หลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบภายในคอมพิวเตอร์), เซ็นเซอร์, และไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมแสง ลักษณะการติดตั้งและการใช้งานแสดงดังรูปที่ 8 เซ็นเซอร์ที่มีตัวตรวจจับทำการวัดแสงสว่างในโซนที่กำหนดไว้ แล้วส่งข้อมูลนี้ไปยังซอฟต์แวร์การควบคุมแสงสว่างซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีเกณฑ์ที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ หากระดับการส่องสว่างอยู่นอกเกณฑ์เหล่านั้นซอฟต์แวร์ทำการส่งคำสั่งไปหรือปรับเปลี่ยนความสว่างของคอมพิวเตอร์ตามที่ต้องการ ในงานวิจัยใช้ชุดตรวจจับแสงสว่างเพื่อนำมาใช้ในการควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟฟ้าให้เปลี่ยนแปลงอัตโนมัติตามมาตรฐานส่องสว่าง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมวงจรปรับแสงสว่างอัตโนมัติ



รูปที่ 1.8 ลักษณะการติดตั้งและการใช้งาน

ปกติการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์จะใช้ควบคู่กับบัลลาสต์แกนเหล็ก (หรือบัลลาสต์ขดลวด) ซึ่งไม่ก่อให้เกิดฮาร์โมนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า แต่มีข้อเสียคือแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมค่อนข้างสูง ทำให้เกิดการสูญเสียทางไฟฟ้ามาก กระแสพลังงานจึงได้มีการรณรงค์ให้ใช้หลอดประหยัดไฟชนิด T5 ซึ่งต้องใช้ควบคู่กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หลอดไฟชนิดนี้สามารถประหยัดพลังงานได้มากและให้ความสว่างที่ไม่แตกต่างจากหลอดไฟรุ่นก่อนที่ใช้ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก แต่ผลที่ตามมาคือปัญหาฮาร์โมนิกส์หรือสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากองค์ประกอบของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีอุปกรณ์สวิตซ์ที่ทำงานที่ความถี่ต่างๆทั้งในย่านความถี่ต่ำและความถี่สูง และด้วยหลักการทำงานจึงส่งผลให้เกิดสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพต่ำ ราคาไม่สูง จะสร้างสัญญาณรบกวนเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์คุณภาพดี แต่มีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นหาวิธีลดทอนฮาร์โมนิกส์หรือสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์คุณภาพต่ำเพื่อให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับชนิดที่มีคุณภาพดี โดยการออกแบบวงจรกรองแบบพาสซีฟเข้าร่วมด้วย สำหรับเทคนิคในการออกแบบวงจรกรองอาจนำไปใช้กับบัลลาสต์ที่มีคุณภาพสูงได้ เนื่องจากเมื่อมีการใช้งานเป็นจำนวนมาก อาจก่อให้เกิดฮาร์โมนิกส์หรือสัญญาณรบกวนในระดับที่เกินมาตรฐานได้เช่นกัน จึงจำเป็นต้องลดทอนสัญญาณดังกล่าวให้อยู่ในระดับที่ไม่เกิดการรบกวนอุปกรณ์ที่อยู่ในระบบข้างเคียง

ในการออกแบบวงจรกรอง ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการสุ่มค่าแบบลองผิดลองถูก เมื่อพบค่าที่ใช้ได้ ก็จะใช้ค่านั้นหรือบางครั้งมีการคำนวณจากค่า cut-off เพื่อเลือกให้สัญญาณที่ต้องการผ่านไปได้ และกรองสัญญาณที่ไม่ต้องการออกไป ซึ่งในโครงการวิจัยนี้จะใช้การกำหนดค่า cut-off ร่วมกับเทคนิคทางปัญญาระดับสูงในการหาค่าองค์ประกอบ (ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ) ที่เหมาะสมของวงจรกรองแบบความถี่ต่ำผ่าน (low-pass filter) จากนั้นเมื่อมีการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น ฮาร์โมนิกส์หรือสัญญาณรบกวนอาจมากขึ้น รวมไปถึงเมื่อมีการควบคุมแสงสว่างจากแสงธรรมชาติ ดังนั้น ค่าองค์ประกอบของวงจรกรองอาจต้องเปลี่ยนไป จึงเป็นการออกแบบวงจรกรองแบบให้เหมาะสมให้ใช้งานร่วมกับวงจรควบคุมแสงสว่างจากแสงธรรมชาติ เพื่อวัตถุประสงค์ในการลดทอนสัญญาณรบกวนได้อย่างมีประสิทธิภาพในระบบส่องสว่างต่อไป

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น ด้านวิชาการ ด้านนโยบาย ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ ด้านสังคมและชุมชน รวมถึงการเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ประโยชน์ในด้านการพัฒนาทางด้านอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมของประเทศ และประโยชน์จากองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากอนุรักษ์พลังงาน

- 1) เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในระบบแสงสว่างเมื่อใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่น T8 , รุ่น T5 และหลอดไดโอดเปล่งแสงโดยมีชุดตัวต้นแบบ
- 2) ส่งเสริมการใช้หลอดประหยัดพลังงานหรืออุปกรณ์สำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารเพื่อให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับอาคารควบคุม และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการกำหนดประเภท หรือ

ขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

- 3) สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงได้ในระดับหนึ่ง โดยยังคงประสิทธิภาพของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเช่นเดิม
- 4) รมรณคืให้เกิดการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของทั้งประเทศ อีกทั้งยังเป็นการลดภาระการนำเข้าด้านเชื้อเพลิง และลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น เพื่อลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม
- 5) สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการสร้างโรงจักรไฟฟ้าเพิ่ม ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า ลดปัญหามลภาวะและลดปัญหาโลกร้อน รวมไปถึงช่วยลดต้นทุนของการซื้อพลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้าทั้งสองแห่งต้องแบกรับในการใช้จ่ายเกี่ยวกับไฟฟ้าแสงสว่าง
- 6) สนับสนุนและส่งเสริมให้มีการค้นคว้าและวิจัยทางด้านการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่องและให้เกิดผลการประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืนต่อไป ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับวิศวกร นักวิจัย นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจอื่นๆ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป

ประโยชน์ในด้านการพัฒนาระดับงานวิจัยของประเทศ

- 1) โครงการวิจัยนี้เป็นการรวมกันของวิทยาการหลายๆ ด้าน เช่น วิศวกรรมแสงสว่าง วิศวกรรมไฟฟ้า และวิศวกรรมการวัดและควบคุม เข้าด้วยกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ร่วมกันของนักวิจัยในสาขาดังกล่าว ทั้งในด้านการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น นับเป็นการพัฒนาระดับงานวิจัยของประเทศ
- 2) สามารถนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยขั้นนี้ไปเผยแพร่เพื่อการพัฒนาเป็นแนวคิดในการออกแบบและประยุกต์ใช้งานระบบแสงสว่างด้วยชุดควบคุมแสงสว่างและพลังงานไฟฟ้าด้วยตัวตรวจวัดแสงสว่าง รวมไปถึงสามารถพัฒนาต่อยอดทางด้านพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างในอนาคตได้ดีขึ้น
- 3) สามารถเป็นแนวคิดในการออกแบบวงจรกรองสัญญาณรบกวนในระบบแสงสว่าง
- 4) เผยแพร่ความรู้ในตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฮาร์โมนิกส์รวมไปถึงสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้อิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ และที่เกิดจากชุดขับของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับวิศวกร นักวิจัย นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจอื่นๆ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป อีกทั้งยังนำไปใช้ประโยชน์แก่หน่วยงานที่สนใจ เพื่อเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและส่งเสริมลดปัญหาเรื่องโลกร้อน
- 5) การวิเคราะห์ที่นำเสนอในโครงการวิจัยนี้ ได้บทความเชิงวิชาการในระดับนานาชาติจำนวน 2 บทความ นับได้ว่าเป็นประโยชน์สำหรับวิศวกร นักวิจัย นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจอื่นๆ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร พบว่า ประเทศไทยได้มีการศึกษาการใช้แสงธรรมชาติน้อยมาก โดยเฉพาะทางด้านวิศวกรรม สำหรับต่างประเทศได้มีการศึกษาเกือบ 40 ปี ตั้งแต่วิกฤตการณ์น้ำมันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ. 2516 และ พ.ศ. 2523 ตามลำดับ ก่อให้เกิดความตื่นตัวทางด้านการประหยัดพลังงาน ทำให้เกิดการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีและแผนการดำเนินการต่างๆ เพื่อการประหยัดพลังงาน โดยหัวข้อการใช้แสงธรรมชาติและการใช้แสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพเป็นหนึ่งในหัวข้อวิจัย

จากการศึกษาบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการควบคุมแสงสว่าง ในเอกสารอ้างอิงที่ [1] พบว่า วิธีการหรี่แสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประกอบด้วยผนังและแหล่งกำเนิดแสงเชื่อมต่อกันด้วยสายไฟเพียง 2 เส้นเท่านั้น ตัวหรี่ของตัวต้านทานจะจำกัดมุมเป็นส่วนเล็กๆและถูกตรวจจับโดยตัวควบคุมบัลลาสต์ ข้อมูลของมุมจะถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลความถี่ในการขับหลอดไฟให้เป็นที่น่าพอใจ ในเอกสารอ้างอิงที่ [2] พบว่า ข้อมูลพื้นฐานของการหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ถูกสร้างในแผงควบคุมของ ELMAPS TC4 มันจะแสดงสมดุลของพลังงานรอบๆจุดเริ่มต้นของอิเล็กทรอนิกส์ของฮอตสปอต โดยการเปรียบเทียบปกติจะเปรียบเทียบจากการเพิ่มขึ้นของความร้อนที่ต้องการซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์ถูกหรี่ ในเอกสารอ้างอิงที่ [3] พบว่า จะนำเสนอบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์หลายท่อซึ่งมีเรื่องสำคัญ ได้แก่ ตัวประกอบกำลังที่มีค่าสูง ความสามารถในการหรี่ และการซอฟต์แวร์ซึ่งขึ้นถึงการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำในย่านความถี่สูง เทคนิคการควบคุมการหรี่ที่ใช้ในอินเวอร์เตอร์แบบครึ่งบริดจ์เป็นพื้นฐานของการเลื่อนเฟสในกระแสขณะติดตั้งตัวกรองกับหลอดไฟ ยิ่งไปกว่านั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจะแสดงในการวิเคราะห์การพัฒนา

ในเอกสารอ้างอิงที่ [4] Ochiai Holcomb และ Regina Mueller ได้นำเสนอผลการศึกษาคูณลักษณะทางแสงและ ประสิทธิภาพของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power LED) ประเภทต่าง ๆ เพื่อหาความเหมาะสมในการใช้งานของแต่ละประเภท ในเอกสารอ้างอิงที่ [5] David Caicedo และคณะ ได้ทำการศึกษาอัลกอริทึมสำหรับการใช้ในการควบคุมแสงสว่าง โดยใช้กับระบบแสงสว่างที่มีการติดตั้งเซนเซอร์แบบเฉพาะจุด เพื่อให้แสงสว่างที่ออกมา มีการกระจายแสงที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานจริงในเอกสารอ้างอิงที่ [6] Michael Fischer และคณะได้นำเสนอแบบจำลองการส่องสว่างในระบบควบคุมแสงสว่างโดยใช้การคำนวณแบบเมทริกซ์เข้ามาช่วยในการสร้างแบบจำลองเพื่อหารูปแบบการกระจายแสงที่เหมาะสมในพื้นที่ที่ทำการศึกษาในเอกสารอ้างอิงที่ [7] Giuseppe Parise และคณะได้นำเสนอวิธีการหาประสิทธิภาพด้านพลังงานของระบบแสงสว่างซึ่งเป็นประโยชน์ในการออกแบบระบบควบคุมแสงสว่าง ให้เหมาะสมกับระบบแสงสว่างนั้น ๆ ในเอกสารอ้างอิงที่ [8] SherifMatta และ Masud Mahmud เสนอระบบและรายละเอียดการออกแบบการประหยัดพลังงานโดยการควบคุมความเข้มของหลอดไฟ เพื่อให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม และใช้แสงสว่างจากภายนอกในการควบคุมการหรี่ไฟของระบบแสงสว่าง โดยทำการออกแบบและจำลองผ่านโปรแกรมในเอกสารอ้างอิงที่ [9] Giuseppe Parise และ Luigi Martirano ศึกษาวิธีการนำแสงสว่างภายนอกมาใช้ร่วมกับแสงสว่างจากหลอดไฟโดยใช้เทคนิคการวัด แสงสว่างแบบต่างๆมาใช้กับระบบควบคุมแสงสว่างในเอกสารอ้างอิงที่ [10] AndariHusen และคณะ ศึกษาการควบคุมแสงสว่างของ

หลอดไฟในระบบแสงสว่าง ให้พอดีกับความต้องการของผู้ใช้แสงสว่าง ในเอกสารที่ [11] Richard Mistrick และ Craig Casey นำเสนอการใช้ซอฟต์แวร์เดย์ลิมในการจำลองข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างภายนอก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบระบบแสงสว่างที่ใช้แสงสว่างจากภายนอกไปด้วย ในเอกสารที่ [12] Fracis Rubinstein และ Mahmut Karaye นำเสนอผลการทดสอบการใช้แสงสว่างจากภายนอกพร้อมกับระบบควบคุมแสงสว่างตามช่วงเวลา (Occupancy control strategy) ซึ่งช่วยในการประหยัดพลังงานเนื่องจากชั่วโมงการทำงานของระบบแสงสว่างลดน้อยลง ในเอกสารอ้างอิงที่ [13] Luigi Martirano ศึกษาวิธีการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง โดยการเปรียบเทียบระหว่างการระบบควบคุมแสงสว่างแบบเปิดปิดอัตโนมัติ และระบบควบคุมแสงสว่างที่ใช้การหรี่ไฟ (dimming) ในห้องเรียนสองห้อง ซึ่งจากการศึกษาพบว่า หากนำทั้งสองระบบนี้มาใช้ร่วมกัน จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 54 เปอร์เซ็นต์

สำหรับความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility; EMC) ในระบบแสงสว่างและระบบที่อยู่ใกล้เคียง เพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าเดียวกันทำงานได้อย่างปกติและไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน จึงจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีลดฮาร์โมนิกส์หรือสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ซึ่งมีวิธีการด้วยกันหลายวิธี [14-17] เช่น การใช้วงจรกรองสัญญาณรบกวน (EMI filter) การออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อย่างเหมาะสม การชีลด์ (shielding) การกราวด์ (grounding) เป็นต้น โดยอาจเลือกเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งที่เหมาะสมหรือหลายวิธีร่วมกัน

จากการศึกษาบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ ในเอกสารอ้างอิงที่ [18] Ashish Pandharipande และ David Caicedo ได้ศึกษาและพิจารณาในด้านพลังงานและประสิทธิภาพในการควบคุมแสงสว่างที่ออกมาให้เหมาะสม โดยมีเป้าหมายคือหาจุดเหมาะสมในการควบคุมแสงสว่าง (Dimming) ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้พลังงานน้อยที่สุด ในเอกสารอ้างอิงที่ [19] W.R. Ryckaert และคณะ ได้แสดงถึงสำนักงานขนาดเล็กซึ่งในตอนแรกได้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ แล้วทำการเปลี่ยนไปใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) และเปรียบเทียบค่าความสว่างบนพื้นที่ใช้งาน (work plane) ,ค่าแสงจ้า (glare) และค่าต่าง ๆ ที่สามารถวัดได้ในภาพรวม โดยการทดลองนี้จะเปรียบเทียบการเปลี่ยนหลอดแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1:1) ในเอกสารอ้างอิงที่ [20] , [21] Sohel Uddin และคณะ ได้กล่าวถึงการศึกษาและวิเคราะห์ฮาร์โมนิกส์ที่เกิดจากการใช้ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดกระแสคงที่ โดยทำการเปรียบเทียบฮาร์โมนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าต่างกัน และชนิดที่สามารถควบคุมแสงสว่าง (Dimming) ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ได้ ในเอกสารอ้างอิงที่ [22] Nan Chen และคณะ ศึกษาเกี่ยวกับการนำบัลลาสต์ (ballasts) ของ หลอดฟลูออเรสเซนต์ ในการใช้ขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้หลักการ เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบ การใช้งานของบัลลาสต์ (ballast) ที่ใช้งานร่วมกับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ กับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ทางด้านความสว่าง และทางไฟฟ้ากำลัง ในเอกสารอ้างอิงที่ [23] Tiecheng Gao, และคณะ นำเสนอการออกแบบชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) โดยผลการทดลองได้แสดงถึงประสิทธิภาพของหลอดว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้สูงกว่าเดิม 50% จากการใช้ชุดขับแบบกระแสคงที่ ในเอกสารอ้างอิงที่ [24] Fengze Hou และคณะ ได้แสดงวิธีการจัดการความร้อนบนแผ่นวงจรของโมดูล โดยทำการวิเคราะห์จากโมดูลของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 110 วัตต์ multi chip โดยจะใช้ตัวแปรและอินเตอร์เฟสในการออกแบบ ทำให้การวิเคราะห์

มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว โดยการออกแบบโครงสร้างของโมดูลหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) แบบกระจายความร้อนนั้นค่อนข้างมีประสิทธิภาพและเป็นที่น่าพอใจ ในเอกสารอ้างอิงที่ [25] Mokhtar Ali และคณะ นำเสนอการออกแบบและวิเคราะห์เสถียรภาพของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) โดยการใช้ Single stage power factor correction converters เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงมีค่าเข้าใกล้ unity power factor แต่ยังมีข้อเสียคือ ค่าความเครียดจากการเพิ่มแรงดันมีค่าเพิ่มขึ้นตามและคาบจะเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวจากนั้นจะคาบจะเปลี่ยนแปลงไป โดยหลักๆ จะกล่าวถึงความไม่เสถียรภาพของ Single stage power factor correction converters ในเอกสารอ้างอิงที่ [26] T. M. Roffi และคณะ กล่าวถึงอุณหภูมิที่เกิดจากการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) โดยต้องการลดอุณหภูมิและเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่าง โดยการใส่ของเหลวเข้าไปในหลอดไฟ โดยการใส่ของเหลวเข้าไปจะช่วยลดอุณหภูมิได้ 14% และเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างได้ 18%

ซึ่งจากเอกสารอ้างอิงทั้งหมดที่กล่าวมา แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า โครงการวิจัยที่นำเสนอนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาองค์ความรู้ใหม่อย่างแท้จริง ไม่เป็นการวิจัยซ้ำกับองค์ความรู้ที่มีอยู่แล้ว ผลจากการวิจัยนี้จะทำให้ทราบถึงองค์ความรู้ใหม่ที่ยังไม่มีในการทำวิจัยมาก่อน ดังต่อไปนี้

- 1) การควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติให้เหมาะสมสอดคล้องกับพื้นที่และกิจกรรมโดยนำแสงธรรมชาติมาร่วมพิจารณาในการปรับระดับความส่องสว่างให้ประสานกับระบบแสงประดิษฐ์ (หลอดไดโอดเปล่งแสงและหลอดฟลูออเรสเซนต์) ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างช่วงเวลากลางวัน
- 2) สามารถนำวงจรกรองสัญญาณรบกวนใช้งานร่วมกับการควบคุมแสงสว่าง นำไปประยุกต์ใช้กับระบบแสงสว่าง เพื่อให้สามารถลดทอนสัญญาณรบกวนในระบบส่องสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

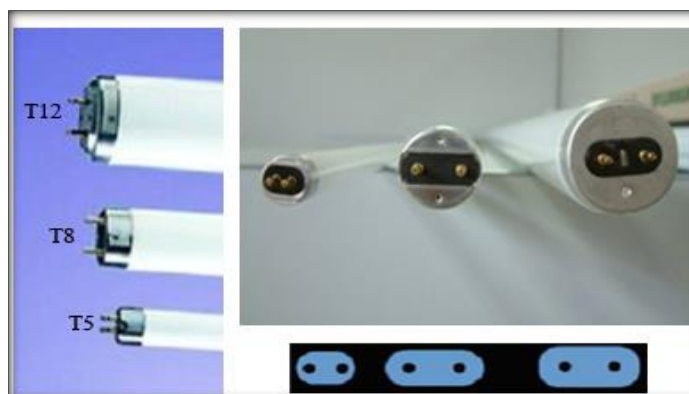
2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5

ด้วยความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างได้มีการพัฒนาและก้าวหน้ามากขึ้นทำให้เกิดการประดิษฐ์หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ทางการผลิตให้ชื่อว่า หลอดผอมใหม่ขนาด 14 วัตต์ และ 28 วัตต์ซึ่งลักษณะทางกายภาพแตกต่างกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 รวมถึงการใช้งานร่วมกับบัลลาสต์ที่แตกต่างกันด้วยกล่าวคือ ในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 มีความยาวสั้นกว่าและต้องใช้บัลลาสต์เฉพาะของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ซึ่งต้องเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น หากมีการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ขนาด 28 วัตต์พร้อมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิด T5 แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 พร้อมบัลลาสต์แกนเหล็กเดิมทำให้ประหยัดพลังงานมากกว่า

2.1.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5

หลอด T5 คือหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8") สำหรับ "T" หมายถึงหลอดที่มีลักษณะเป็นหลอดทรงคล้ายท่อ (Tubular) ตัวเลขต่อท้าย "T" แสดงความยาว เส้นผ่านศูนย์กลางเป็นหุน หลอด T5 จึงมีขนาดเล็กกว่าหลอดผอม (T8) ประมาณร้อยละ 40 และเล็กกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา (T12) เกือบร้อยละ 60 รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะข้อของหลอด T5 T8 และ T12 เห็นว่าข้อหลอดของ T5 แตกต่างจากข้อ

ของ T8 และ T12 เดิม หลอด T5 สั้นกว่าหลอด T8 อยู่หนึ่งหน่วยทำให้ใช้แทนกันไม่ได้แต่ทว่าโคมบางรุ่นก็พอจะดัดแปลงเข้ากับปลั๊กหลอดให้ใช้ได้ทั้ง T5 และหลอด T8 ได้ไม่ยากเย็น



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะหัวของหลอด T2 T8 และ T5

2.1.2 ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5

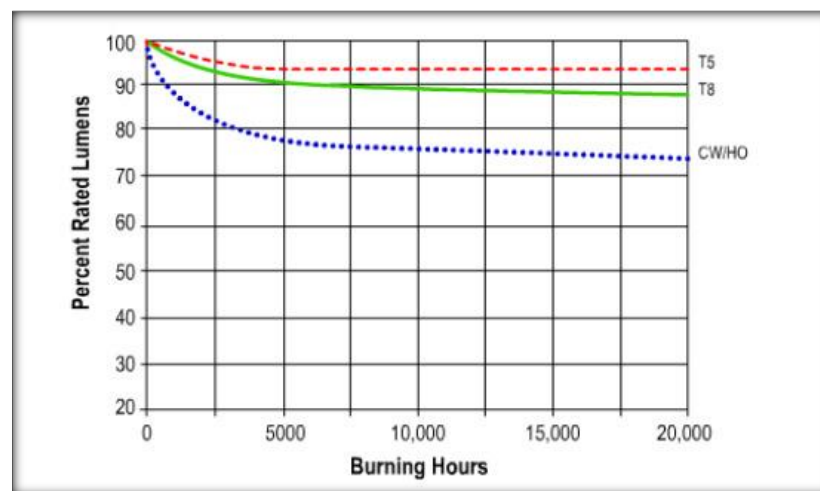
หลอด T5 มีขายทั้งแบบธรรมดา (Standard output) กับแบบความเข้มสูง (High output) จำนวนวัตต์ของหลอด T5 ธรรมดา คือ 14, 21, 28 และ 35 วัตต์ ส่วนแบบความเข้มสูง คือ 24, 39, 54 และ 80 วัตต์ (แบบความเข้มสูงยี่ห้อ GE มีแบบ 49 วัตต์ด้วย) ตารางที่ 2.1 สรุป ลักษณะเฉพาะของหลอด T5 ธรรมดาและ T5 ความเข้มสูง โดยขนาด 4 ฟุต ความเข้มสูง ได้รับความนิยมมากในสหรัฐฯ หลอดแบบความเข้มสูงนี้ เนื่องด้วยตัวมันให้แสงสว่างอย่างมากมาย ทำให้สามารถติดตั้งโคมจำนวนน้อยกว่าแบบธรรมดา แต่ให้แสงสว่างเท่ากันแต่ถ้า พิจารณา ตารางที่ 2.1 แสดงประสิทธิภาพการส่องสว่างของ T5 แบบความเข้มสูงนั้นต่ำกว่า T5 แบบธรรมดาอยู่เล็กน้อย

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะเฉพาะของหลอด T5 ธรรมดาและหลอด T5 ความเข้มสูง

ประเภทหลอด	ความยาว (นิ้ว)	อุณหภูมิแสง (K)	ปริมาณแสง (ลูเมน)		ประสิทธิภาพ การส่องสว่าง (ลูเมน/วัตต์)
			เริ่มต้น	เฉลี่ย	
T5 14W	22	3,000-6,500	1,350	1,269-1,275	96
T5 21W	34	3,000-6,500	2,100	1,974-2,000	100
T5 28W	46	3,000-6,500	2,900	2,276-2,750	104
T5 35W	58	3,000-6,500	3,650	3,431-3,450	104
T5 HO 24W	22	3,000-6,500	2,000	1,880-1,895	83
T5 HO 39W	34	3,000-6,500	3,500	3,290-3,320	90
T5 HO 54W	46	3,000-6,500	5,000	4,700-4,740	93
T5 HO 80W	58	3,000-6,500	7,000	6,580-6,650	88

หลอด T5 และ T5 HO มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 20,000 ชั่วโมง เท่ากับหลอด T8 และ T12 มาตรฐาน ในขณะที่หลอด T8 และ T12 ใหม่แบบอายุการใช้งานนานมีอายุการใช้งานยาวกว่า หลอด T5 ได้ 4,000 ถึง 10,000 ชั่วโมง

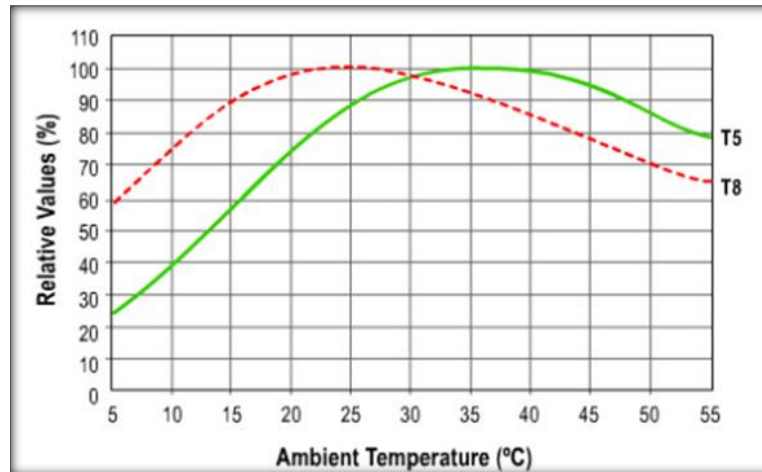
ส่วนหลอด T5 แบบอายุยืนพิเศษมีอายุการใช้งานยาวกว่าธรรมดา 4,000-10,000 ชั่วโมงแต่การเปิด-ปิด หรือ การใช้บัลลาสต์ผิดประเภททำให้อายุการใช้งานของหลอดไฟสั้นลง ดังรูปที่ 2.2 แสดงการลดลงของความสว่างของหลอดเมื่อใช้งาน จะเห็นว่าหลอดชนิด T5 มีเปอร์เซ็นต์การให้แสงสว่างเมื่อเวลาผ่านไป 20,000 ชม. มากที่สุดในบรรดาหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอื่นๆ



รูปที่ 2.2 แสดงการลดลงของความสว่างของหลอดเมื่อใช้งาน

2.1.3 อุณหภูมิ ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง

ผลประการหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการมีหลอดไฟขนาดเล็กที่ให้ค่าการส่องสว่างสูงติดตั้งอยู่ในดวงโคมขนาดเล็ก คือความร้อน (Heat) ปริมาณมาก หลอด T5 มีค่าการส่องสว่างสูงสุด (Peak Light Output) ที่อุณหภูมิของอากาศ (Air Temperature) เท่ากับ 35 °C (95 °F) ขณะที่หลอด T8 มีค่าการส่องสว่างสูงสุด (Peak Light Output) ที่อุณหภูมิของอากาศ (Air Temperature) เท่ากับ 25 °C (77 °F) แสดงดังรูปที่ 2.3 ดังนั้นในโคมไฟประเภทกระจายแสงขึ้นที่มีอากาศหมุนเวียนน้อยหรือไม่มีเลย หลอด T5 ที่ใช้งานกับโคมไฟประเภทนี้มีค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง หรือลูเมนต่อวัตต์สูงกว่าหลอด T8 ที่มีค่าวัตต์เท่ากันเนื่องจากคุณลักษณะด้านความร้อนของหลอดนั่นเอง



รูปที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์การส่องสว่าง และ อุณหภูมิแวดล้อมหลอด T5 และ T8

2.2 เทคนิคการหรี่แสงหลอดฟลูออเรสเซนต์

การหรี่แสงหลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถทำได้โดยการควบคุมปริมาณกระแสที่ไหลผ่านหลอดให้ลดลงจากค่าตามพิกัด ซึ่งสามารถทำได้ 3 วิธีคือ ลดวัตต์ไซเคิลของแรงดันขาออก ลดแรงดันขาเข้าของวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้า และการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้าโดยแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันดังนี้

2.2.1 การปรับวัตต์ไซเคิลของแรงดันขาออก เป็นวิธีที่ง่ายและตรงไปตรงมาที่สุดแต่มีข้อเสียคือวงจรไม่ได้ทำงานภายใต้เงื่อนไขของการสับวิตช์ที่แรงดันเป็นศูนย์ จึงทำให้ระบบมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียมาก นอกจากนี้กระแสที่ไหลผ่านหลอดมีค่าตัวประกอบยอดของกระแสหลอดสูงซึ่งทำให้หลอดมีอายุการใช้งานที่สั้นลง

2.2.2 การลดแรงดันขาเข้าของวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้า เป็นวิธีการหรี่แสงที่มีประสิทธิภาพ และคุณสมบัติที่ดีที่สุด แต่เนื่องจากต้องมียังวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งภาคเพื่อลดแรงดันจึงเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตทำให้มีราคาสูงขึ้นมา วิธีการนี้จึงเหมาะกับบัลลาสต์หรี่แสงเพื่อความสวยงามที่ต้องการให้หรี่แสงลงได้มาก

2.2.3 การเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้า เป็นวิธีการที่เป็นรองวิธีที่ 2 แต่เนื่องจากใช้หลักการทำงานของวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้าเรโซแนนซ์อนุกรมโวลตาจที่เมื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้อัตราขยายของวงจรลดลง จึงไม่ต้องมียังวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้าเพิ่มเข้ามา ทำให้มีต้นทุนใกล้เคียงบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปได้

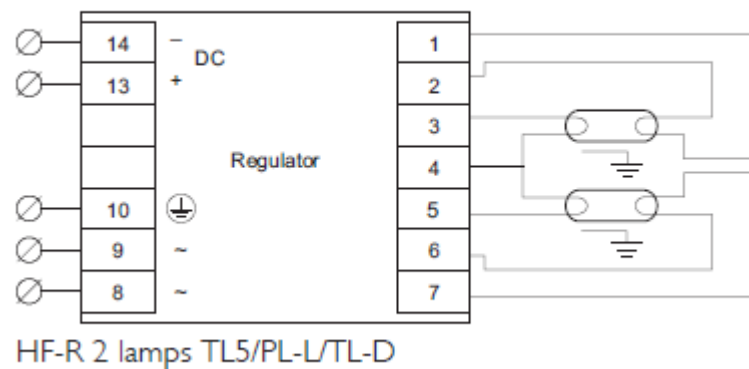
2.3 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast)

บัลลาสต์เป็นอุปกรณ์จำเป็นที่ต้องใช้ ต้องมีอยู่ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้หลอดไฟประเภทฟลูออเรสเซนต์ โดยมีหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในขั้วหลอดให้มีค่าเหมาะสม สม่ำเสมอ ในที่นี้กล่าวถึงอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์

อิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ (Electronic Ballast) มีข้อดีและข้อเสียสรุปโดยสั้น ๆ คืออิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์สามารถลดความสูญเสียประมาณ 10-12 วัตต์ต่อหลอดเมื่อเทียบกับบัลลาสต์ธรรมดา แต่มีราคาแพงกว่าสำหรับระยะเวลาการคืนทุนและผลประหยัดที่ได้รับนั้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชั่วโมงการเปิดใช้งานของหลอดไฟ

2.3.1 ลักษณะของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีหน้าที่เช่นเดียวกับบัลลาสต์แกนเหล็ก แต่บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ปกติ 50 เฮิร์ตซ์ (Hz) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงค่าระหว่าง 25 ถึง 50 กิโลเฮิร์ตซ์ (kHz) เพื่อป้องกันหลอดฟลูออเรสเซนต์



รูปที่ 2.4 วงจรการต่อใช้งานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 2.4 ไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายถูกเรียงกระแสและกรอง เพื่อเปลี่ยนเป็นแหล่งกระจายกระแสไฟฟ้าตรงสำหรับวงจรสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวกำเนิดความถี่ผลิตสัญญาณความถี่สูงซึ่งขับตัวทรานซิสเตอร์ให้ทำงานสลับกัน โดยมีตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรท์ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าและตัวเก็บประจุคร่อมหลอดทำหน้าที่กำหนดความถี่ และการสตาร์ท บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ควรมีความถี่ด้านออกอยู่ในช่วง 25 ถึง 50 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อป้องกันการรบกวนต่อความถี่เสียงและความถี่วิทยุ และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยสามารถลดกำลังสูญเสียที่หลอดลงมาได้ 10 % และยังคงความสว่างเท่ากันเมื่อขับหลอดที่ความถี่ปกติ 50 เฮิร์ตซ์ และเนื่องจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบกันเป็นวงจร เพื่อทำงานในย่านความถี่สูง ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถที่ลดกำลังการสูญเสียที่ตัวบัลลาสต์ 60% โดยเปรียบเทียบกับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดาที่แสงสว่างออกมาเท่ากัน

2.3.2 คุณสมบัติของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ช่วยประหยัดไฟได้ 10 วัตต์ต่อหลอดไม่ว่าใช้กับหลอด 18 วัตต์ 36 วัตต์ จากเดิมที่กินไฟ 28 วัตต์ 46 วัตต์ ตามลำดับ และสามารถเปรียบเทียบกับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดาได้ดังตารางที่ 2.2

- ประหยัดไฟของเครื่องปรับอากาศได้ประมาณ 3.3 วัตต์ต่อหลอด เนื่องจากเกิดการสูญเสียที่น้อยกว่า อุณหภูมิขณะทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต่ำกว่าบัลลาสต์แกนเหล็ก
- ช่วยประหยัดค่าสตาร์ทเตอร์ได้ เพราะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ จึงทำให้ประหยัดค่าสตาร์ทเตอร์และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยน
- ประหยัดหลอดไฟได้ เพราะบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีการควบคุมการจุดหลอดที่แน่นอนกว่าบัลลาสต์แกนเหล็ก จึงทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์มีอายุยาวนานกว่าเดิม 20-50%
- บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าตัวประกอบกำลังมากกว่า 0.95 ลดการใช้กระแสไฟมากกว่า 80% ทำให้สายไฟและขั้วหลอดมีความร้อนสะสมขณะใช้งานลดลงจึงทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น
- บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อเปิดสวิตช์ หลอดไฟจะติดทันทีไม่มีปัญหาของการกระพริบเนื่องจากสตาร์ทหรือหลอดเสื่อมคุณภาพ โดยใช้ได้กับหลอดทั่วไป
- บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ให้แสงที่นุ่มนวล ไม่มีการกระพริบที่ชั่วหลอด (Stroboscopic Effect) ซึ่งช่วยถนอมสายตา

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดาและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

	บัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
หลอดไฟที่ใช้	ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์	ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์
กำลังไฟฟ้าที่หลอด	36 วัตต์	34 วัตต์
กำลังสูญเสียที่บัลลาสต์	10 วัตต์	0 วัตต์
กำลังไฟฟ้าวงจรรวม	46 วัตต์	34 วัตต์
เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบความสูญเสีย	100	78

2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีหน้าที่ไม่แตกต่างกับบัลลาสต์แบบขดลวดแกนเหล็กธรรมดา แต่แทนที่ใช้แกนเหล็กพันขดลวดธรรมดาก็เปลี่ยนมาใช้เป็นวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์แทน ดังนั้นภายในตัวบัลลาสต์จึงบรรจุไว้ด้วยชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นหลัก ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ข้อดีและข้อเสียของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ข้อดี	ข้อเสีย
มีการสูญเสียพลังงานในตัวต่ำประมาณ 2-4 วัตต์ และมีค่าตัวประกอบกำลังที่ดี	มีราคาแพงกว่าบัลลาสต์ธรรมดา
ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอกมาต่อเติม และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 1 ตัว สามารถใช้กับหลอดไฟฟ้าได้ 1, 2, 3 หรือ 4 หลอด ทำให้สามารถเลือกใช้ได้หลากหลายออกไป	มีข้อจำกัดในการใช้งานในสถานที่หรือบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง มีละอองไอน้ำสูง ไอน้ำมันหรือฝุ่นผงสูงเป็นพิเศษ มักจะทำให้บัลลาสต์มีอายุการใช้งานที่สั้นลง
ได้ระบบไฟฟ้าและแสงสว่างที่มีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากไม่มีการกระพริบและได้แสงที่มีความสว่างสม่ำเสมอ	อาจก่อให้เกิดผลกระทบเพิ่มเติมในระบบไฟฟ้า หรือบัลลาสต์อาจมีระบบคลื่นความถี่แทรกซ้อนได้
ทำให้หลอดไฟมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น 30-50%	บัลลาสต์อาจมีอายุการใช้งานสั้น ถ้าเป็นบัลลาสต์ที่ไม่ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน และเลือกใช้วัสดุชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ดี รวมไปถึงถึงมาตรฐานในการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน
บัลลาสต์ที่ออกแบบพิเศษสามารถหรี่ไฟในหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้	ช่างไฟฟ้าทั่วไปไม่คุ้นเคยกับการใช้งานและการติดตั้ง

2.4 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความส่องสว่าง

2.4.1 โฟโตคอนดักติฟเซลล์ (LDR)

โฟโตคอนดักติฟ เซลล์ มีชื่อเรียกด้วยกันหลายอย่าง เช่น อุปกรณ์เปลี่ยนแปลงความต้านทานตามแสง หรือโฟโตริซิสติฟติไวส์ (PHOTO RESISTIVE DEVEPENDENT RESISTOR) เรียกว่า LDR



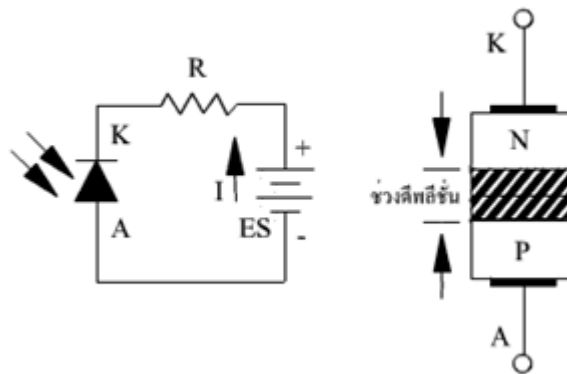
รูปที่ 2.5 โฟโตคอนดักติฟเซลล์

จากรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นว่า LDR เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิด 2 ขั้ว ซึ่งมีค่าความต้านทานภายในตัวเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามแสงที่ส่องมากระทบตัว LDR ถ้าแสงที่มากกระทบน้อย LDR จะมีค่าความต้านทานสูง ถ้าแสงที่มากกระทบมาก LDR จะมีค่าความต้านทานต่ำวัสดุที่นำมาผลิต LDR ทำมาจากสารกึ่งตัวนำประเภท แคดเมียมซัลไฟด์ (CADMIUM SULFIDE) ใช้ตัวย่อ CdS และแคดเมียมเซเลไนด์ (CADMIUM SELENIDE) ใช้ตัวย่อ CdSe เป็นวัสดุที่นิยมใช้เพราะมีความไวสูงต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่มากกระทบ การตอบสนองความถี่ของแสงที่มากกระทบ ชนิด CdS จะมีความยาวคลื่นแสงประมาณ 5000 แองสตรอม (Å) ถ้าเป็นชนิด CdSe จะมีความยาวคลื่นแสงประมาณ 6000 แองสตรอม (Å) เวลาที่ใช้ในการรับแสงเพื่อค่าเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน สำหรับชนิด CdS ประมาณ 100 ms และชนิด CdSe ประมาณ 10 ms

2.4.2 โฟโตไดโอด (Photo Diode)

โฟโตไดโอด (Photo Diode) เป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้ เช่น กระจกใส โฟโตไดโอดจะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบที่ตอบสนองต่อแสงที่เรามองเห็น และแบบที่ตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟราเรด ในการรับใช้งานจะต้องต่อโฟโตไดโอดในลักษณะไบอัสกลับ

โฟโตไดโอด (Photo Diode) จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากหรือน้อยขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง ดังรูปที่ 2.5 เมื่อโฟโตไดโอดได้รับไบอัสกลับ (Reverse Bias) ด้วยแรงดันค่าหนึ่งและมีแสงมาตกกระทบที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่มากกระทบมีความยาวคลื่นหรือแลมด้าที่เหมาะสมจะมีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจร จะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มากกระทบ ลักษณะทั่วไปขณะไบอัสตรง (Forward Bias) จะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาที่ยอมให้กระแสไหลผ่านได้



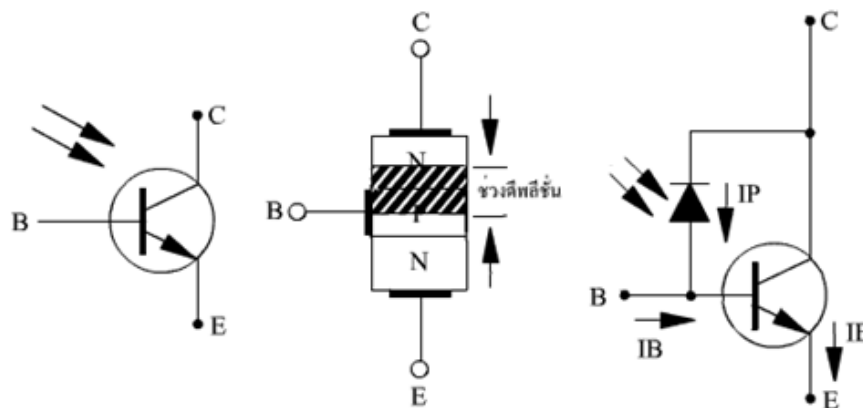
รูปที่ 2.6 แสดงสัญลักษณ์ และการไบอัสใช้งาน

โฟโตไดโอดเมื่อเทียบกับ ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง (LDR) แล้วโฟโตไดโอดมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเร็วกว่า ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง (LDR) มากจึงนิยมนำไปประยุกต์งานในวงจรที่ต้องการความเร็วสูง เช่น เครื่องนับสิ่งของ, ตัวรับรีโมทคอนโทรล, วงจรกันขโมยอินฟราเรด เป็นต้น

เนื่องจากโฟโตไดโอดให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อแสงต่ำ คืออยู่ในช่วง 1-10 mA เท่านั้น ดังนั้นการใช้งานโฟโตไดโอดจึงต้องมีตัวขยายกระแสเพิ่มเติม ผู้ผลิตจึงหันมาใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายกระแสเพิ่มเติมอยู่ในตัวถังเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า โฟโตทรานซิสเตอร์(Photo Transistor)

2.4.3 โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)

โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ประกอบไปด้วยโฟโตไดโอดซึ่งจะต่ออยู่ระหว่างขาเบสกับคอลเลคเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 2.6 กระแสที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของแสงจะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์ (Transistor) ในการใช้งานโฟโตทรานซิสเตอร์ รอยต่อระหว่างเบส-อิมิตเตอร์ (Base-Emitter) จะต่อไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่รอยต่อนี้เองเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสที่ขึ้นอยู่กับความเข้มแสง โฟโตทรานซิสเตอร์เมื่อเทียบกับโฟโตไดโอดโฟโตทรานซิสเตอร์จะมีความไวต่อแสงมากกว่าประมาณ 100 เท่า แต่ในด้านความถี่ใช้งานสูงสุด สำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์ใช้งานในช่วง 200-300 กิโลเฮิรตซ์ จะใช้งานได้ถี่ต่ำกว่าโฟโตไดโอด หลายสิบเมกะเฮิรตซ์



รูปที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์ โครงสร้าง และวงจรสมมูล ของโฟโตทรานซิสเตอร์

เมื่อไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่รอยต่อระหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์ (Base-Collector) และมีแสงตกกระทบบที่บริเวณรอยต่อ กระแสอันเนื่องมาจากแสง (I_p) จะถูกขยายด้วยอัตราขยายของทรานซิสเตอร์เป็นกระแสอิมิตเตอร์ (I_E) และถ้าไบอัสตรงที่ขาเบสด้วยกระแสเบส (I_B) จากภายนอกก็จะถูกขยายรวมกับกระแสเนื่องจากแสง (I_p) ด้วย

จะเห็นว่ากระแส I_E เปลี่ยนแปลงตามกระแส I_p ซึ่งถ้า I_p มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 1-10mA แล้วทำให้ค่า I_E เปลี่ยนแปลงจาก 100mA ถึง 1mA อัตราขยายกระแสยิ่งสูงจะทำให้ผลตอบสนองต่อแสงจะไวขึ้น แต่ก็ทำให้กระแสรั่วไหลสูงขึ้นด้วย เพราะรอยต่อจะถูกไบอัสกลับ (Reverse Bias)

2.5 ชุดควบคุม

ชุดควบคุมบอร์ด Arduino Uno R3 ซึ่งมีข้อมูลสำหรับการใช้งานหลักๆคือ

1. แรงดันที่ใช้ในการทำงาน 5 V
2. ดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต 14 ช่อง แบ่งเป็นช่องสำหรับ พัลส์เบรียเอม(PWM) 6 ช่อง
3. อนาล็อกอินพุต 6 ช่อง



รูปที่ 2.8 บอร์ด Arduino Uno R3

จากรูปที่ 2.8 การใช้งานจะเป็นการรับค่าอินพุตสัญญาณแรงดันจากตัวตรวจจับความเข้มแสงที่ช่องอนาล็อกอินพุต เพื่อทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อทำการประมวลผล เมื่อประมวลผลแล้ว จะทำการส่งสัญญาณเอาต์พุตออกเป็นสัญญาณพัลส์เบรียเอม (PWM) ที่มีค่าตัวชี้ไขเคล ตั้งแต่ 1 – 100% แล้วแต่การประมวลผลของโปรแกรม ทางช่องพัลส์เบรียเอมเอาต์พุต (PWM Output) ส่วนเรื่องการประมวลผลสัญญาณจะกล่าวถึงในบทต่อไป

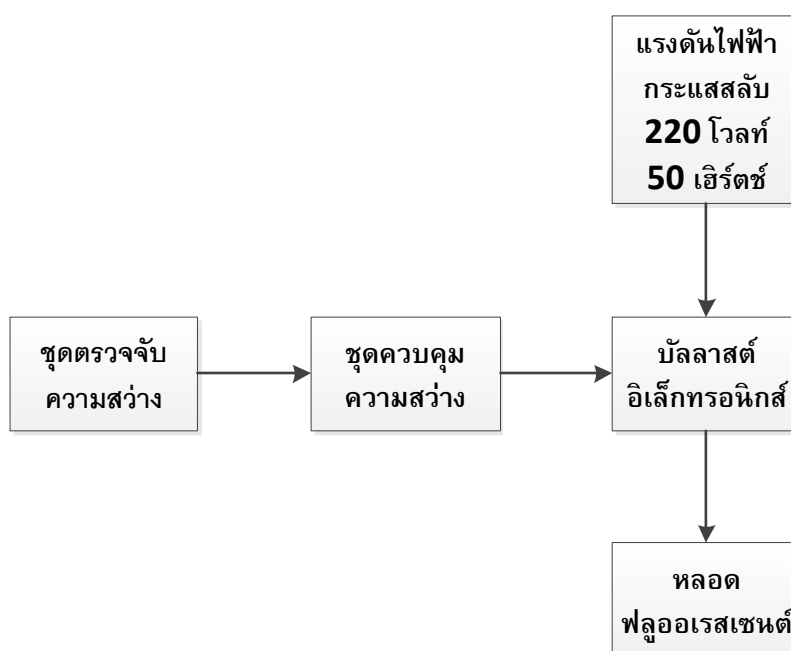
บทที่ 3

การออกแบบการทดลองและประกอบสร้าง

ในบทนี้จะอธิบายถึงการจำลองผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และทำการทดลอง ซึ่งการทดลองจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

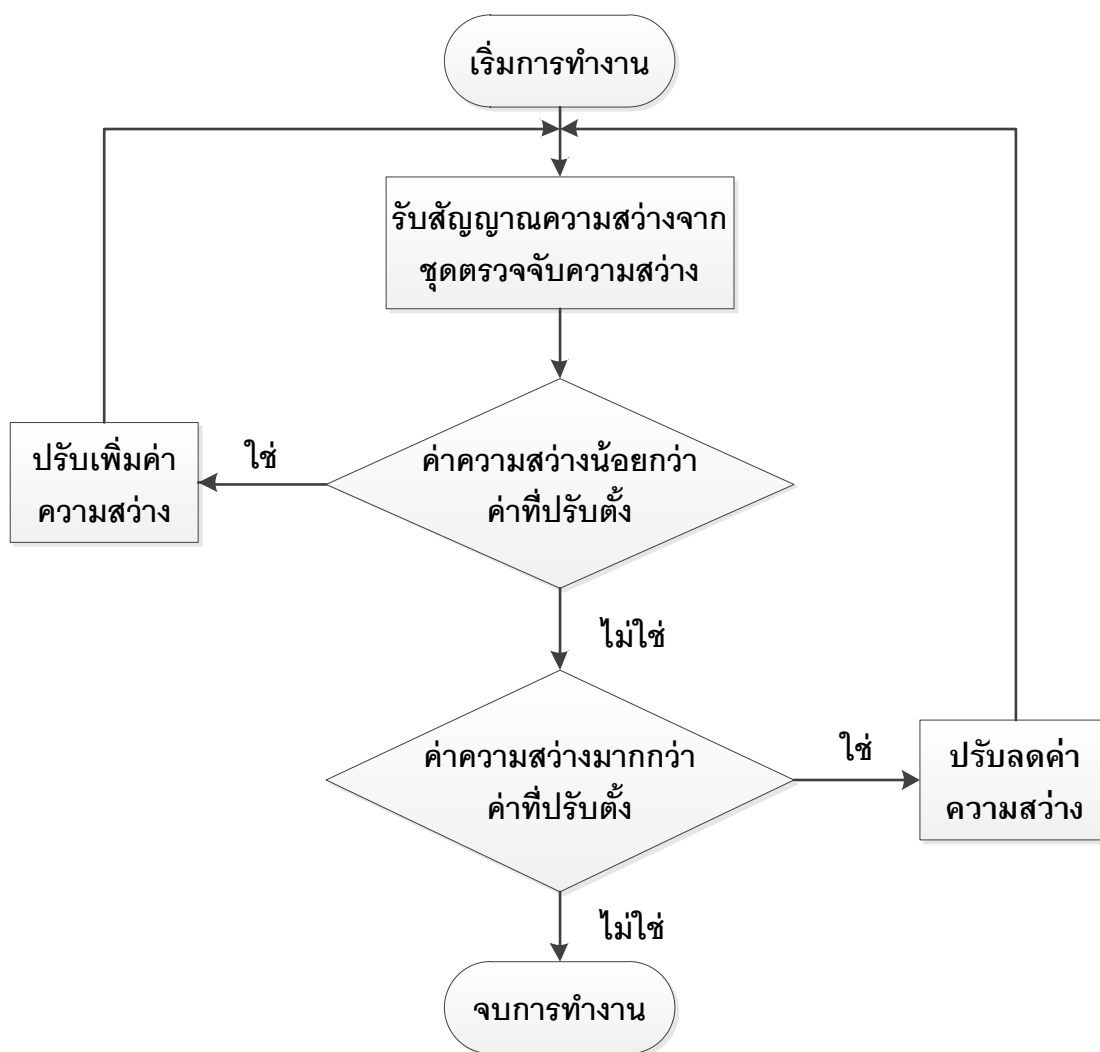
1. การจำลองด้วยโปรแกรม DIALux ในการศึกษากรณีที่เกี่ยวข้อง
2. การศึกษาทางด้านพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่างโดยใช้ตัวทดสอบ
3. การศึกษาด้านคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้ตัวทดสอบ

โดยการออกแบบและสร้างชุดควบคุมแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์อัตโนมัติ ได้กำหนดการทำงานของชุดควบคุมเป็นดังบล็อกไดอะแกรมแสดงดัง รูปที่ 3.1 โดยเริ่มจากชุดตรวจจับความสว่างส่งค่าความสว่างแล้วส่งสัญญาณค่าความสว่างในรูปแรงดันไฟฟ้า 0-5 V ไปยังชุดควบคุมความสว่าง หลังจากนั้นชุดควบคุมแสงสว่างจะทำการประมวลผลสัญญาณอินพุต 0-5 V ที่ได้รับมาแล้วส่งสัญญาณเอาต์พุตในรูปของแรงดัน 1-10 V เพื่อนำไปควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ เพื่อควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดควบคุมแสงสว่าง

หลอดฟลูออเรสเซนต์อัตโนมัติ

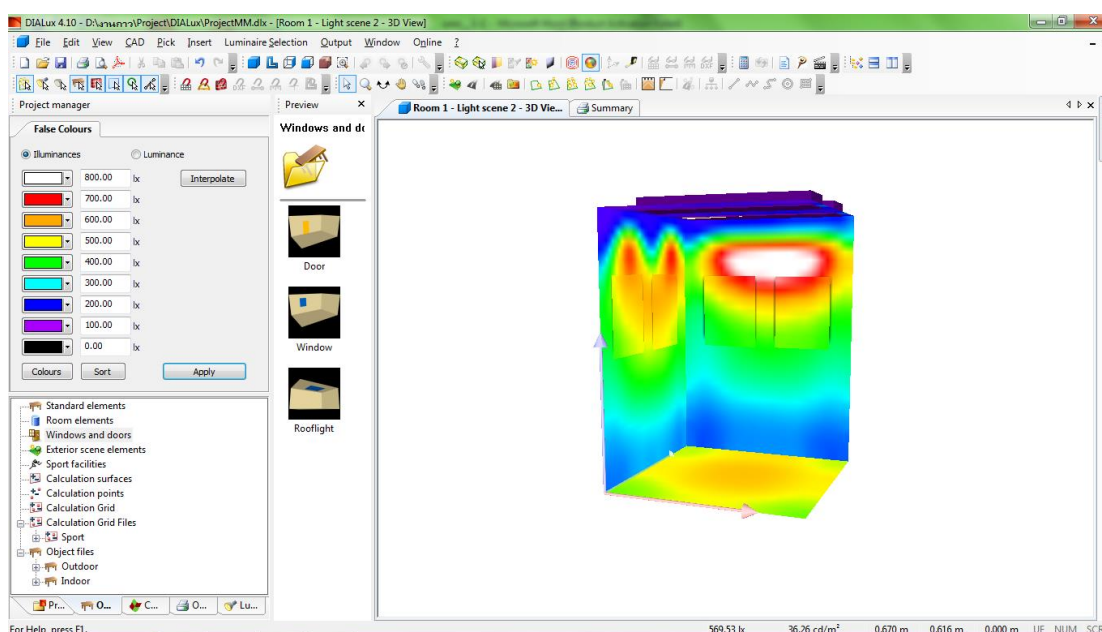


รูปที่ 3.2 โฟลว์ชาร์ตของชุดควบคุมแสงสว่างเมื่อเริ่มทำการเปิดชุดควบคุม

จากรูปที่ 3.2 เป็นโฟลว์ชาร์ตของชุดควบคุมแสงสว่างเมื่อเริ่มทำการเปิดชุดควบคุม วงจรจะทำการรับค่าอนาล็อกจากชุดตรวจจับความสว่างและนำมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างที่ได้กำหนดไว้ถ้าค่าความสว่างมากกว่าค่าที่ปรับตั้งโปรแกรมจะทำการลดค่าความสว่างลง 0.25 หน่วย ถ้าค่าความสว่างน้อยกว่าค่าที่ปรับตั้งโปรแกรมจะทำการเพิ่มค่าความสว่างขึ้น 0.25 หน่วย โดยที่ค่าความสว่างต่ำสุดคือ 1 หน่วย จะทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์มีความสว่าง 1% ขณะที่ค่าความสว่างสูงสุดคือ 255 หน่วย จะทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์มีความสว่าง 100%

3.1 การจำลองด้วยโปรแกรม DIALux

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและจัดทำตู้เพื่อทดสอบขนาด 140×150×190 ซม. ระยะจากดวงโคมถึงพื้นที่ใช้งาน 175 เซนติเมตร โดยติดตั้งโคมฟลูออเรสเซนต์ชนิด 2×28 วัตต์ จำนวน 2 โคม โดยงานวิจัยนี้ได้นำโปรแกรม DIALux มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากตู้ทดสอบดังรูป 3.3 เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องในการทดสอบประสิทธิภาพของโคมฟลูออเรสเซนต์ที่ได้จากตู้ทดสอบ



รูปที่ 3.3 การจำลองตู้ทดสอบโดยใช้โปรแกรม DIALux

จากรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่า ณ ตำแหน่งใต้ดวงโคมจะมีการกระจายแสงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอและมีค่าความเข้มแสงค่อนข้างมากตามที่แสดงใน IES viewer ในภาคผนวก ค. จากนั้นได้ทำการหาค่าความเข้มแสงในส่วนต่างๆของตู้ทดสอบ

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจากผลการจำลองโปรแกรม DIALux ภายในตู้ที่ติดตั้งด้วยดวงโคม 2×28 W

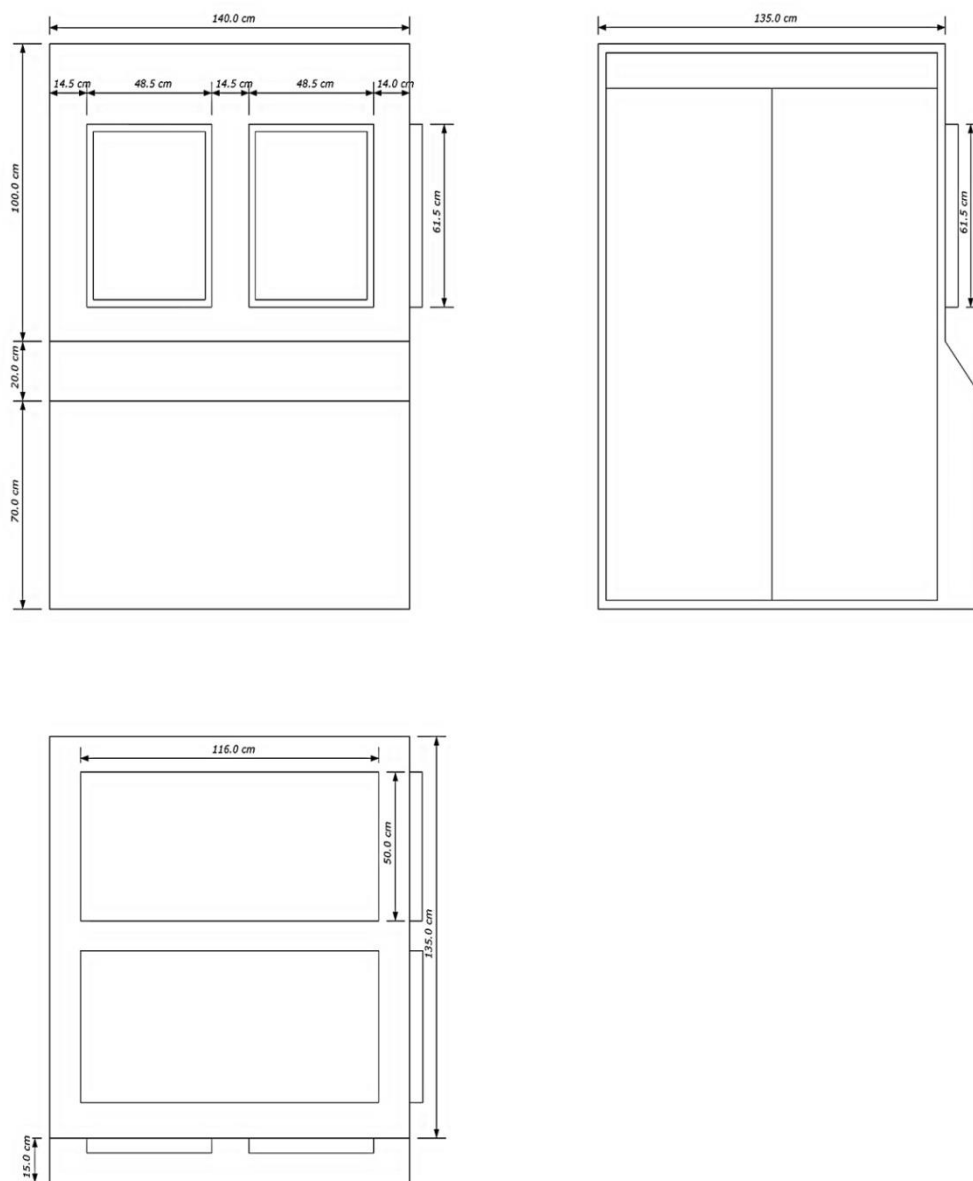
	ประเภท พื้นผิว	สัมประสิทธิ์ การสะท้อน (%)	ค่าความเข้ม แสงเฉลี่ย (Lux)	ค่าความเข้ม แสงต่ำสุด (Lux)	ค่าความเข้ม แสงสูงสุด (Lux)
ดวงโคม 2×28	พื้นที่ใช้งาน	/	807	456	1079
	พื้นห้อง	5	423	317	494
	เพดาน	5	18	14	24
	กำแพง	5	233	9.28	735

จากตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลจากผลการจำลองโปรแกรม DIALux โดยภายในตู้ทดสอบติดตั้งด้วยดวงโคม 2x28 W พบว่าตู้ทดสอบนั้นมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยบนพื้นที่ใช้งานอยู่ที่ 807 ลักซ์และใช้พลังงานไฟฟ้า 120 วัตต์

3.2 การศึกษาทางด้านพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่างโดยใช้ตู้ทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและจัดทำตู้เพื่อทดสอบดังรูปที่ 3.4 เพื่อจำลองการติดตั้งชุดควบคุมเข้ากับดวงโคมคู่ 2 โคม และหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ขนาด 28 W จำนวน 2 หลอดต่อ 1 ดวงโคม ซึ่งเป็นการศึกษาทางด้านแสงสว่างและพลังงานเพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานและการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างจากธรรมชาติที่มีอยู่ โดยที่ตู้จะต้องมีลักษณะปิดทึบภายในตู้เป็นสีดำเพื่อป้องกันการสะท้อนของแสง ดวงโคมที่ทำการทดสอบจะมีหน้ากว้างประมาณ 295 เซนติเมตร มีความยาวประมาณ 1195 เซนติเมตร มีความลึกประมาณ 65 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.6 โดยตู้จะมีความกว้าง 135 เซนติเมตร มีความยาว 140 เซนติเมตร ความสูง 190 เซนติเมตร และมีชั้นสำหรับติดตั้งเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าและสวิตช์ยื่นออกมาอีก 15 เซนติเมตร ซึ่งได้ออกแบบเผื่อไว้ให้ใหญ่กว่าขนาดของดวงโคมเล็กน้อย ส่วนความสูงของตู้จะคิดจากการใช้งานปกติของโคมฝังฝ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยปกติแล้วภายในห้องสำนักงานภายในอาคารทั่วไป ระยะระหว่างดวงโคมถึงพื้นที่ใช้งานจะห่างกันประมาณ 175-195 เซนติเมตร

ต่อไปจะเป็นแผงด้านหน้าตู้ทดสอบที่แสดงดังรูปที่ 3.5 จะประกอบไปด้วยสวิตช์ตัดต่อวงจรของตู้ทดสอบ สวิตช์ควบคุมการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ สวิตช์ควบคุมแหล่งจ่ายไฟของวงจรควบคุม ลักซ์มิเตอร์ และเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นจะมีการต่อวงจรไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.4 แบบร่างตู้ทดสอบที่ออกแบบ



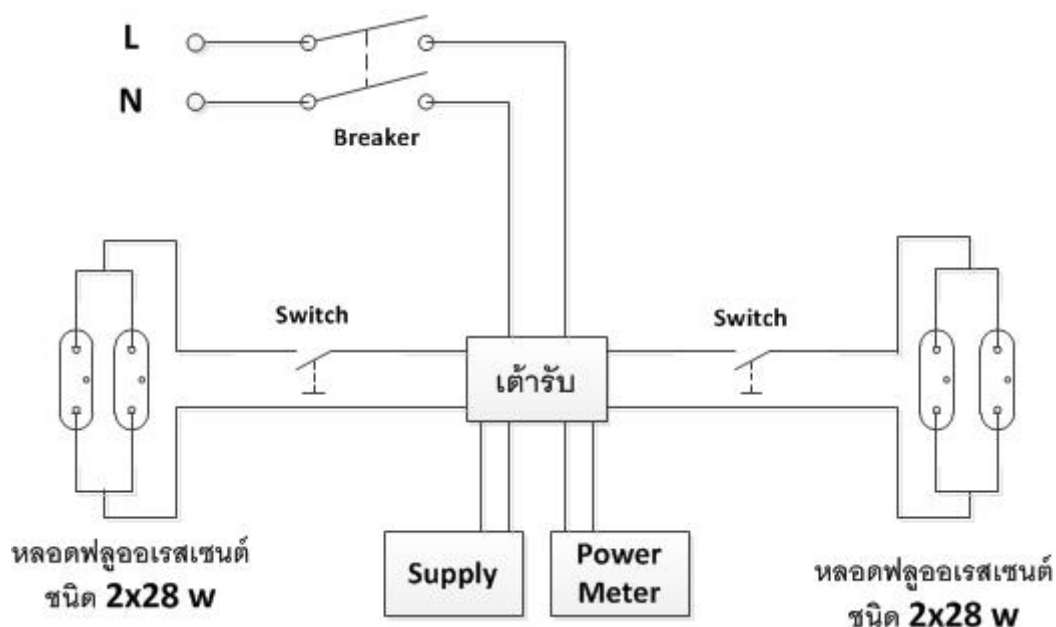
รูปที่ 3.5 ตู้ทดสอบที่ได้จัดทำ

ในรูปที่ 3.6 จะแสดงการติดตั้งโคมและตัวตรวจวัดค่าความส่องสว่างภายในตู้ทดสอบ



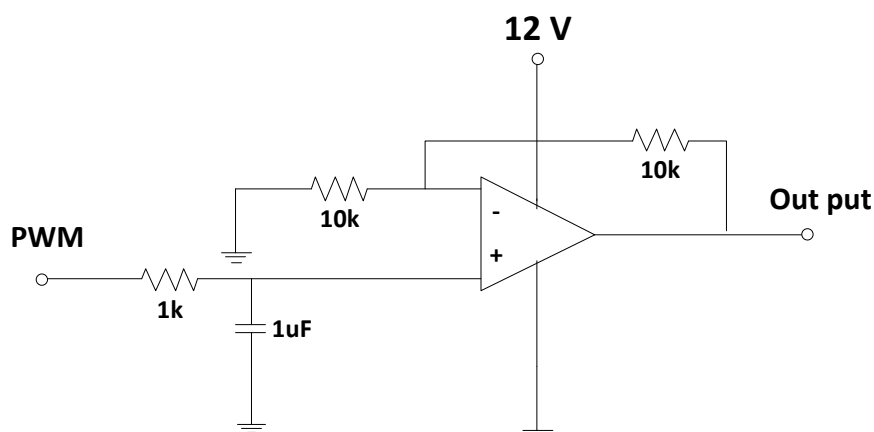
รูปที่ 3.6 ดวงโคมที่ทำการทดสอบ

โดยอุปกรณ์ต่างๆภายในตู้ทดสอบนั้นจะมีการต่อวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 3.7 ส่วนภายในตู้ทดสอบประกอบไปด้วยดวงโคมที่ภายในมีหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดทรีแสง ตัวตรวจจับแสงธรรมชาติและชุดควบคุม



รูปที่ 3.7 วงจรไฟฟ้าภายในตู้ทดสอบ

วงจรขยายแรงดันแสดงดังรูปที่ 3.8 การทำงานเริ่มจากรับสัญญาณแรงดันในรูปของพีดับเบิลยูเอ็ม ผ่านเข้าวงจรกรองความถี่ต่ำ หลังจากนั้นสัญญาณจะถูกส่งเข้าไปที่ขาอินพุตบวกของออปแอมป์ ที่ต่อวงจรเป็นแบบวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Noninverting Amplifier) ที่มีอัตราขยายเท่ากับ 2 ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตจะถูกส่งไปเพื่อควบคุมบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3.8 วงจรขยายสัญญาณแรงดัน

3.3 การออกแบบวงจรเพื่อศึกษาผลของฮาร์มอนิกส์

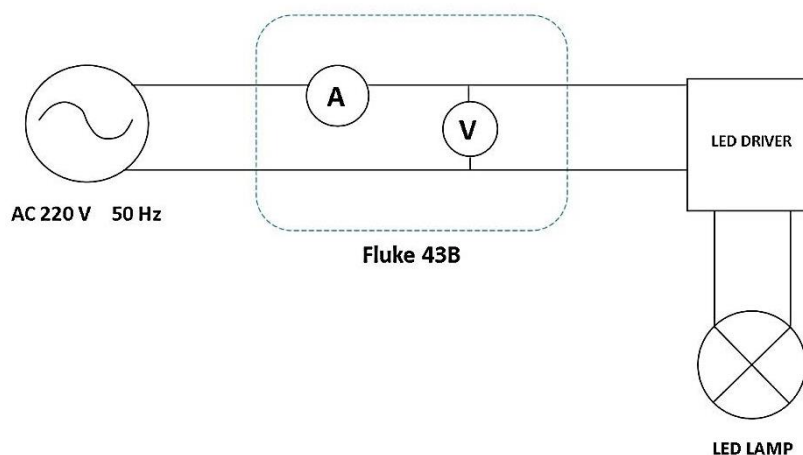
ในการทดลองได้ทำการทดลองโดยใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวนชั้นละ 9 หลอด โดยผู้ทำการทดลองได้จัดทำชั้นเป็นจำนวน 3 ชั้น แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ชั้นหลอดไฟที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 3.2 แสดงอุปกรณ์ของชุดทดลองแต่ละชั้น

ชั้นที่	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A	9
	ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A	9
2	หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B	9
	ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B	9
3	หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C	9
	ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C	9



รูปที่ 3.10 วิธีการวัดค่าต่าง

จากรูปที่ 3.10 เป็นการแสดงวิธีการวัดค่าต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วยค่าแรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า, ค่าความผิดเพี้ยนของกระแส, ค่าความผิดเพี้ยนของแรงดัน เป็นต้น ซึ่งจากรูปเป็นการแสดงการวัดค่าของขั้นที่ 1 2 และ 3 ซึ่งเป็นการวัดค่าของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาทางด้านพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่างภายในตู้ทดสอบ

การทดสอบทางด้านพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่างโดยใช้ตู้ทดสอบก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อวัดหาค่าความเข้มแสงและค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จะลดการใช้พลังงานได้มากน้อยอย่างไร โดยได้ทำการทดลอง 2 กรณี คือ กรณีที่ยังไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ที่ประดิษฐ์ขึ้นและกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ที่ประดิษฐ์ขึ้น ซึ่งในแต่ละกรณีจะทดลองในระยะเวลาใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1 การทดลองครั้งที่ 1 แสดงการวัดค่าต่างๆ ที่ได้จากตู้ทดสอบก่อนและหลังที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5

มุม (องศา)	แรงดัน(V)		กระแส(A)		กำลังไฟฟ้า (W)		ค่าความเข้มแสง(Lux)					
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน			หลัง		
							โคม1	โคม2	เฉลี่ย	โคม1	โคม2	เฉลี่ย
0°	226.1	226.8	0.576	0.306	118	62	1100	1108	1104.0	550	499	524.5
15°	226.2	226.9	0.535	0.297	119	60	1062	1067	1064.5	470	480	475.0
30°	226.5	226.8	0.538	0.289	120	59	1057	1059	1058.0	450	482	466.0
45°	226.3	226.6	0.537	0.265	119	53	1082	1026	1054.0	365	455	410.0

จากผลการทดลองครั้งที่ 1 จะเห็นว่าค่าที่ได้จากการทดสอบแต่ละครั้งจะเห็นได้ว่าการเปิดใช้อุปกรณ์ควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้าจะมีค่าค่อนข้างคงที่ไม่ว่าจะปรับระดับบานเกล็ดระดับใด ส่วนค่าความเข้มแสงของทั้งสองดวงโคมจะแปรผันตรงกับระดับความกว้างของบานเกล็ดคือถ้าเปิดบานเกล็ดกว้างขึ้นค่าความเข้มแสงก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น และหลังการเปิดใช้อุปกรณ์ควบคุมจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกับค่าแรงดันไฟฟ้าก่อนการเปิดใช้อุปกรณ์ควบคุม ค่ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความกว้างของบานเกล็ดคือเมื่อเปิดบานเกล็ดกว้างขึ้นค่ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าจะมีค่าน้อยลง ส่วนค่าความเข้มแสงของทั้งสองดวงโคมก็จะมีค่าอยู่ระหว่าง 300-500 lux ตามข้อกำหนดของค่าความเข้มแสงภายในสำนักงาน เนื่องจากการควบคุมค่าความเข้มแสงผ่านทางอุปกรณ์ควบคุม โดยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้ค่าความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 300-500 lux เสมอ

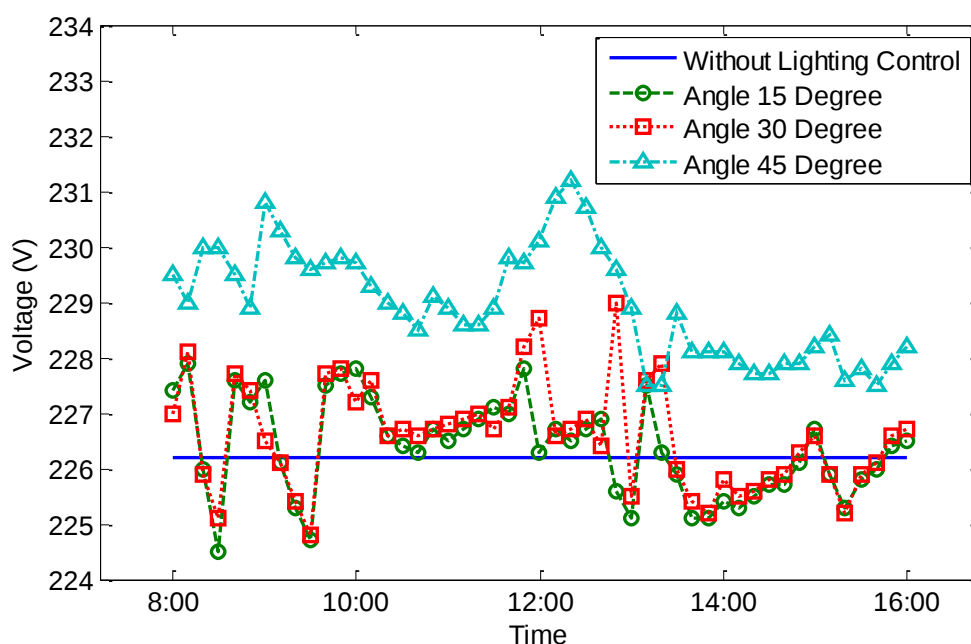
ตารางที่ 4.2 การทดลองครั้งที่ 2 แสดงการวัดค่าต่างๆ ที่ได้จากตู้ทดสอบก่อนและหลังที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5

มุม (องศา)	แรงดัน(V)		กระแส(A)		กำลังไฟฟ้า (W)		ค่าความเข้มแสง(Lux)					
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน			หลัง		
							โคม1	โคม2	เฉลี่ย	โคม1	โคม2	เฉลี่ย
0°	224.1	224.2	0.548	0.281	119	57	1141	1091	1116	462	440	451
15°	223.1	223.8	0.536	0.246	119	48	1310	1186	1248	590	477	533.5
30°	224.0	224.0	0.532	0.193	117	35	1110	1428	1269	209	610	409.5
45°	223.9	224.0	0.538	0.147	118	22	1085	1558	1321.5	60	590	325

จากผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2 จะเห็นได้ว่าการปรับระดับบานเกล็ดเพียง 4 ระดับคือ 0 15 30 และ 45 องศาเท่านั้น เนื่องจากทิศทางของแสงธรรมชาติและแสงจากดวงโคมไม่สามารถสะท้อนลงมาที่พื้นที่ใช้งานได้ตรง ทำให้ค่าความเข้มแสงต่ำมาก ดังแสดงสาเหตุในภาคผนวก ข.6 และก่อนการเปิดใช้อุปกรณ์ควบคุมจะมีค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ไม่ว่าจะปรับระดับบานเกล็ดระดับใด ส่วนค่าความเข้มแสงของทั้งสองดวงโคมจะแปรผันตรงกับระดับความกว้างของบานเกล็ดคือถ้าเปิดบานเกล็ดกว้างขึ้นค่าความเข้มแสงก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น และหลังการเปิดใช้อุปกรณ์ควบคุมจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกับค่าแรงดันไฟฟ้าก่อนการเปิดใช้อุปกรณ์ควบคุม ค่ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความกว้างของบานเกล็ดคือเมื่อเปิดบานเกล็ดกว้างขึ้นค่ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าจะมีค่า

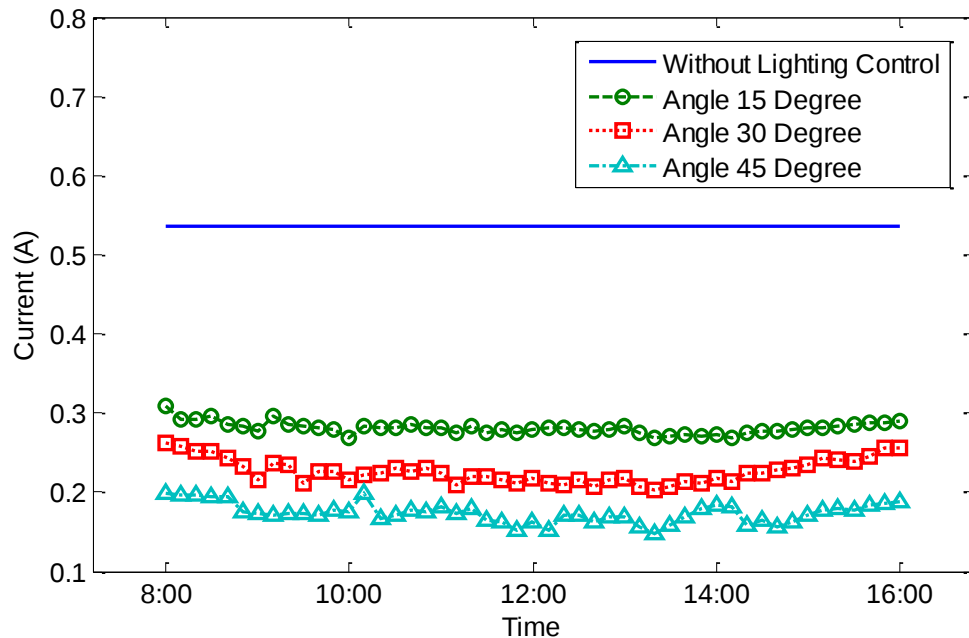
น้อยลง ส่วนค่าความเข้มแสงของทั้งสองดวงโคมก็จะมีค่าอยู่ระหว่าง 300-500 lux ตามข้อกำหนดของค่าความเข้มแสงภายในสำนักงาน เนื่องจากการควบคุมค่าความเข้มแสงผ่านทางอุปกรณ์ควบคุม โดยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้ค่าความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 300-500 lux เสมอ

ในการทดลองถัดมาจะเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของชุดควบคุมความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยจะมีการนำชุดทดลองที่ได้จัดทำขึ้นไปติดตั้งในพื้นที่ที่มีแสงธรรมชาติ โดยจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า พารามิเตอร์ทางแสงที่ตรวจวัดคือค่าความส่องสว่างภายในชุดทดลอง โดยมุมบานเกล็ดของชุดทดลองจะถูกเปิดที่มุม 15 30 และ 45 องศา ผลการทดลองจะถูกเขียนในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้ากับเวลา ในรูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับเวลาโดยเปรียบเทียบ 4 กรณีศึกษา ไม่มีชุดควบคุมความส่องสว่าง มีชุดควบคุมและบานเกล็ดเปิดที่ 15 30 และ 45 องศาตามลำดับ จากรูปแสดงให้เห็นว่าระดับแรงดันไฟฟ้ามีการแกว่งอยู่ในช่วงแคบๆตลอดทั้งวัน ในขณะที่แรงดันที่มุมเปิดบานเกล็ด 45 องศา มีค่าสูงกว่ากรณีอื่นๆ

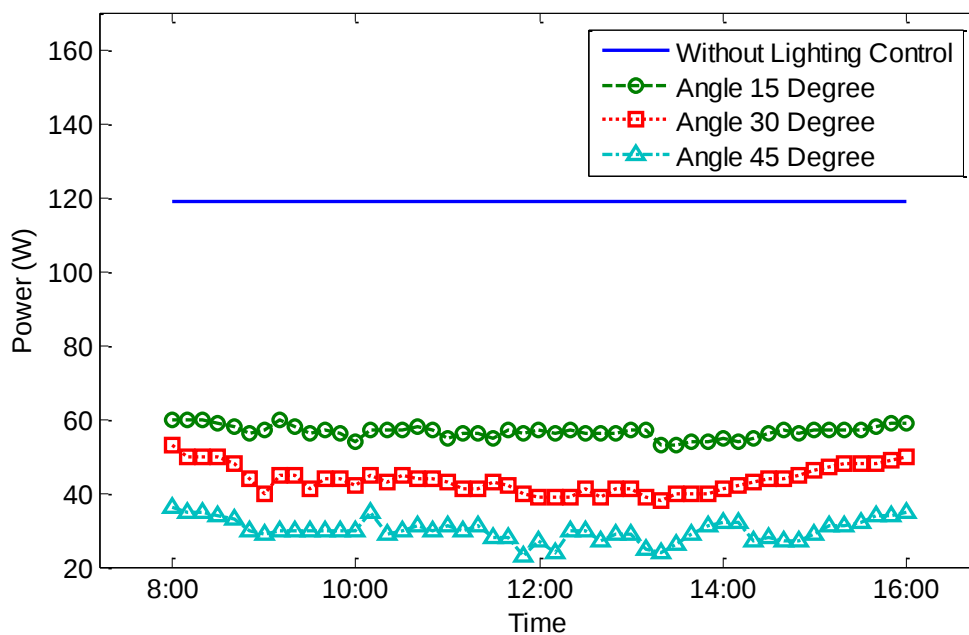


รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและเวลาในหนึ่งวัน เมื่อเปิดบานเกล็ดที่มุมต่างๆ

ในรูปที่ 4.2 และ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับเวลา และกำลังไฟฟ้ากับเวลา ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบ 4 กรณีศึกษา ไม่มีชุดควบคุมความส่องสว่าง มีชุดควบคุมและบานเกล็ดเปิดที่ 15 30 และ 45 องศาตามลำดับ จากรูปแสดงให้เห็นว่าระดับแนวโน้มกำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยกำลังไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้านั้นลดลงเมื่อมีแสงจากภายนอกเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มมุมการเปิดบานเกล็ด

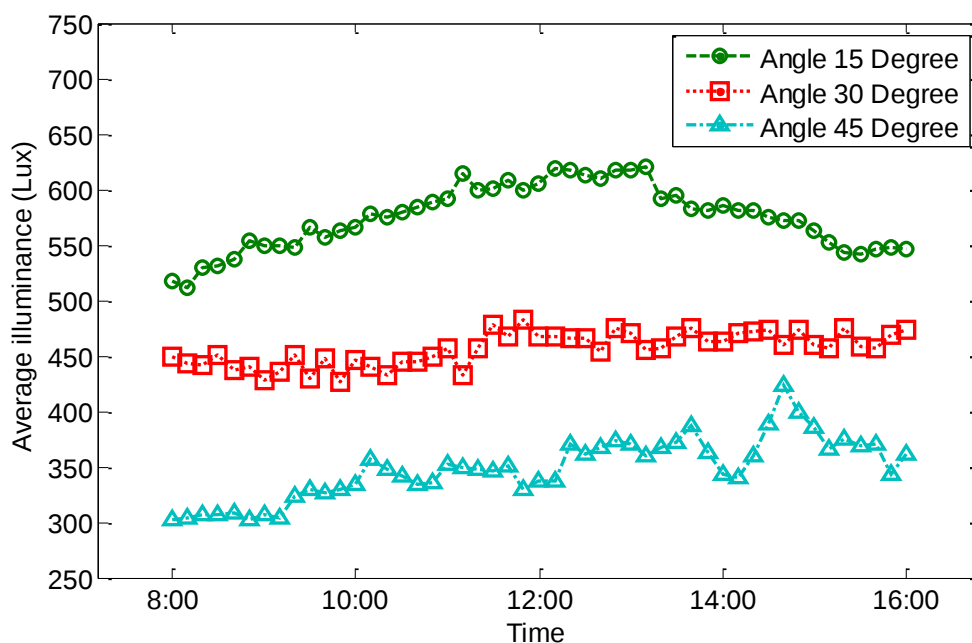


รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการแสะและเวลาในหนึ่งวัน เมื่อเปิดบานเกล็ดที่มุมต่างๆ



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและเวลาในหนึ่งวัน เมื่อเปิดบานเกล็ดที่มุมต่างๆ

ในรูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับเวลาโดยเปรียบเทียบ 4 กรณีศึกษา ไม่มีชุดควบคุมความส่องสว่าง มีชุดควบคุมและบานเกล็ดเปิดที่ 15 30 และ 45 องศาตามลำดับ จากรูปแสดงให้เห็นว่าระดับแรงดันไฟฟ้ามีการแกว่งอยู่ในช่วงแคบๆตลอดทั้งวัน ในขณะที่แรงดันที่มุมเปิดบานเกล็ด 45 องศา มีค่าสูงกว่ากรณีอื่นๆ



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างเฉลี่ยและเวลาในหนึ่งวัน เมื่อเปิดบานเกล็ดที่มุมต่างๆ

4.2 ผลการศึกษาทางด้านคุณภาพไฟฟ้า

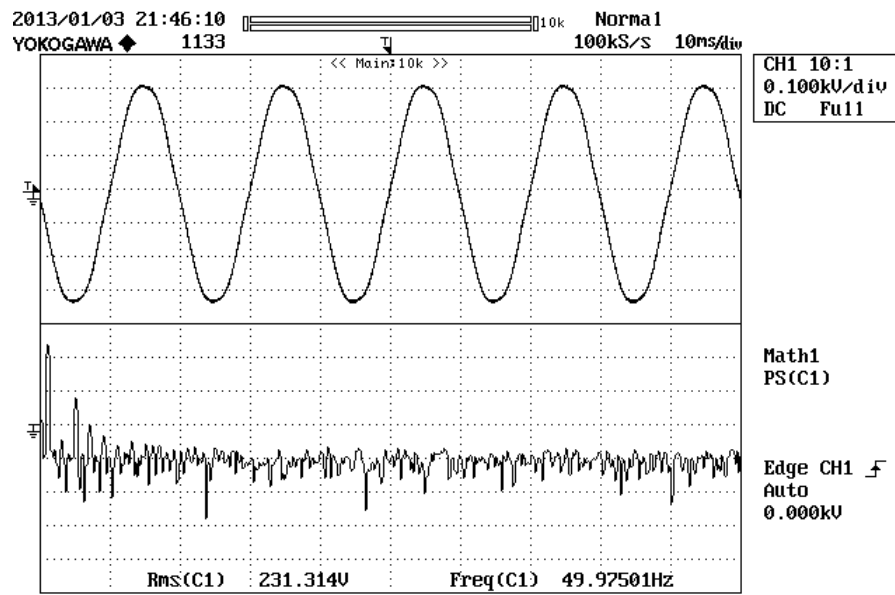
ในการออกแบบวงจรกรองสัญญาณรบกวนหรือฮาร์มอนิกส้นนั้นต้องทราบถึงพฤติกรรมของชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ก่อน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบวงจรกรอง ซึ่งพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาพฤติกรรมของชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) เป็นดังนี้

4.2.1 วัดค่าฮาร์มอนิกส้นของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A (ชนิดแรงดันคงที่)

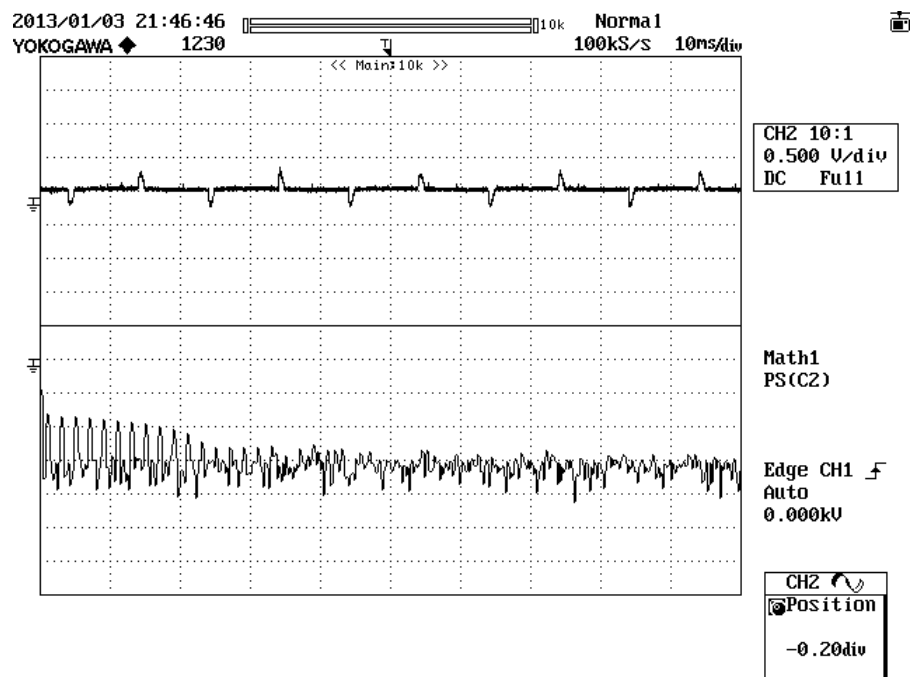
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงข้อมูลเบื้องต้น ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดยี่ห้อ A

ข้อมูลทางไฟฟ้าที่วัด	1 หลอด	9 หลอด
Power (W)	4.4	42.5
Frequency (Hz)	50	50
PF	0.42	0.47
%THD _v	1.7	2.5
V _{rms} (V)	226.5	226.1
%THD _i	141.4	174.6
I _{rms} (A)	0.046	0.40

จากตารางที่ 4.3 จะพบว่า เมื่อใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A จำนวนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีกำลังการสูญเสียไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสฮาร์มอนิกส้นก็เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนค่าความผิดเพี้ยนของแรงดันฮาร์มอนิกส้นนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

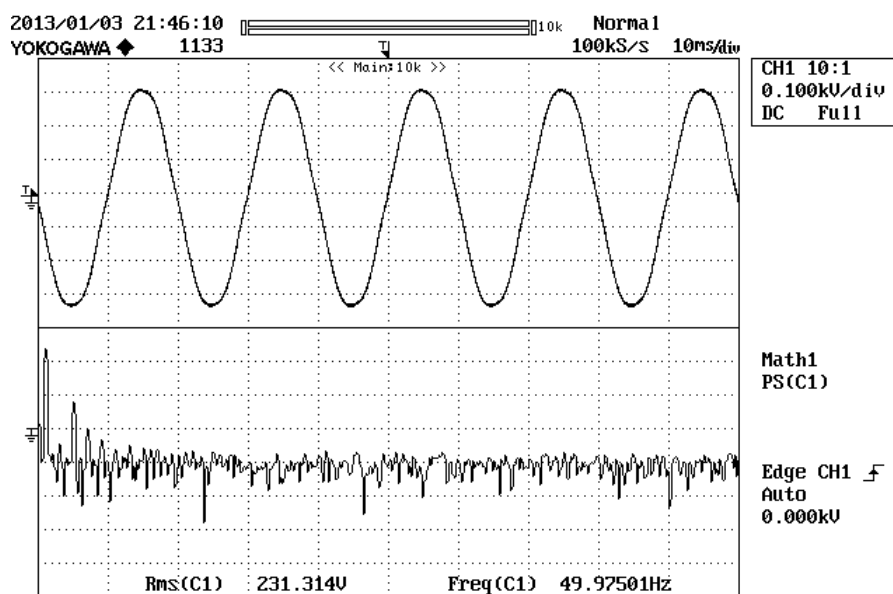


ก) รูปคลื่นแรงดัน

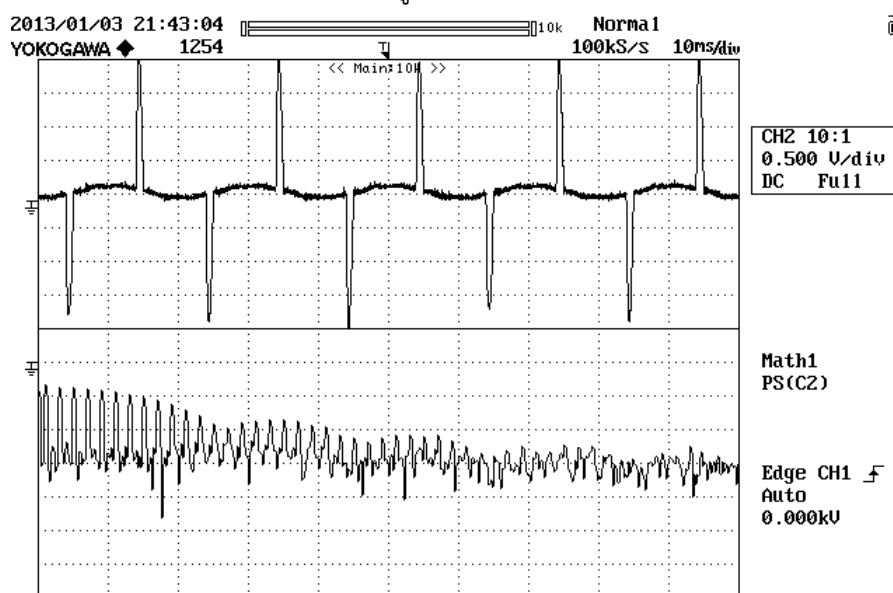


ข) รูปคลื่นกระแส

รูปที่ 4.5 รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A (1 ชุดขับ 1 หลอด)



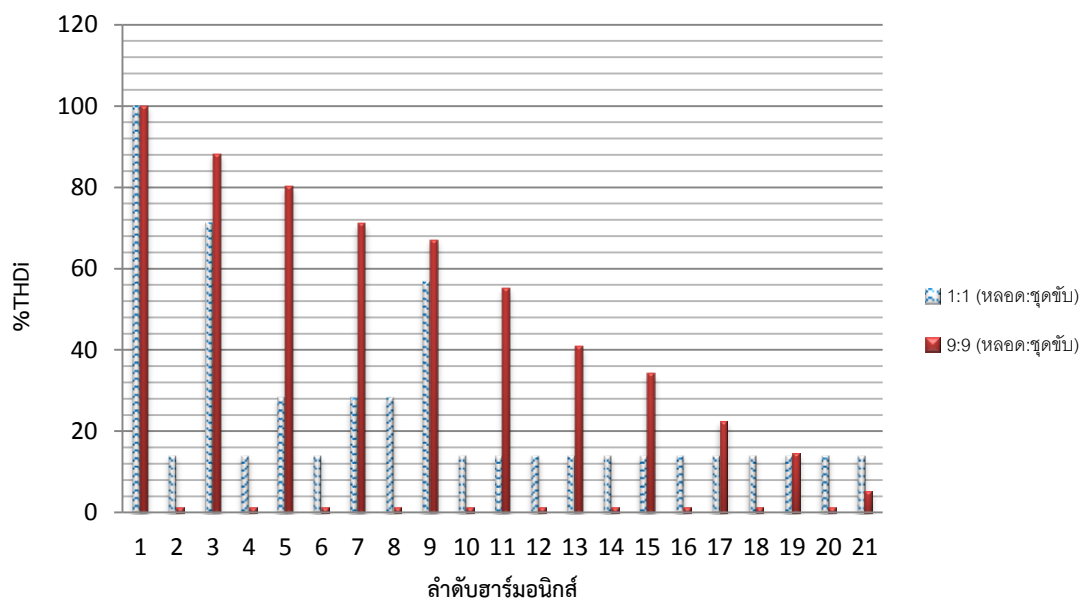
ก) รูปคลื่นแรงดัน



ข) รูปคลื่นกระแส

รูปที่ 4.6 รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับ
ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A (9 ชุดขับ 9หลอด)

จากรูปที่ 4.5 และ 4.6 เป็นการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ร่วมกับชุดขับหลอดยี่ห้อ A พบว่ารูปคลื่นของกระแสมีความผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์เป็นอย่างมาก จึงทำให้ทราบได้ว่าการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ร่วมกับ ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) นั้นก่อให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกส์มากซึ่งเกิดจากการทำงานของอุปกรณ์จำพวกอิเล็กทรอนิกส์กำลัง



รูปที่ 4.7 ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์เมื่อมีการใช้งานชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A

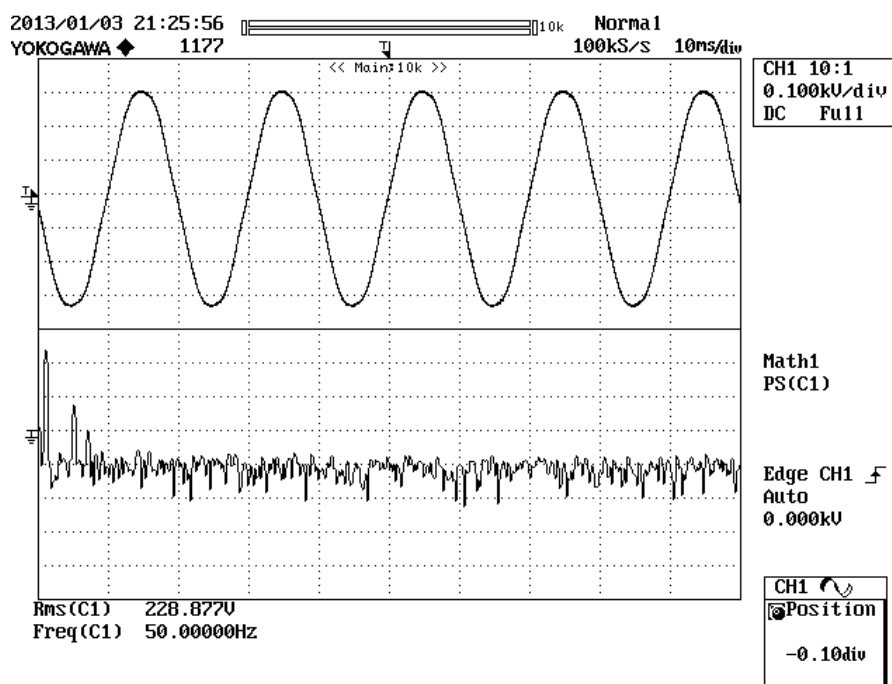
จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.7 ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งในกรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 1 ชุด เมื่อพิจารณาลำดับฮาร์โมนิกที่ 1-21 ภาพรวมของการเกิดฮาร์โมนิกส์ลำดับคี่ มีปริมาณที่น้อยกว่า กรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 9 ชุด ในทางกลับกันภาพรวมของการเกิด ฮาร์โมนิกส์ลำดับคี่นั้น พบว่ากรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 9 ชุด กระแสฮาร์โมนิกส์ไม่เกิดหรือเกิดน้อยมากเมื่อเทียบกับ กรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 1 ชุด

4.3.2 วัดค่าฮาร์โมนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B (ชนิดแรงดันคงที่)

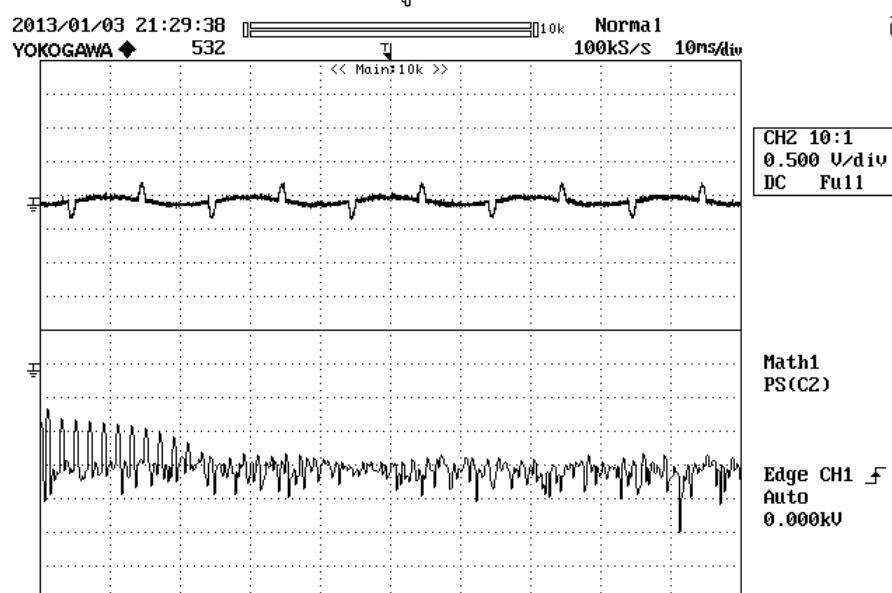
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงข้อมูลเบื้องต้น ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดยี่ห้อ B

ข้อมูลทางไฟฟ้าที่วัด	1 หลอด	9 หลอด
Power (W)	5.5	50.5
Frequency (Hz)	50	50
PF	0.38	0.4
%THD _v	1.7	2
V _{rms} (V)	225.7	227.1
%THD _i	75.6	76.3
I _{rms} (A)	0.09	0.55

จากตารางที่ 4.4 จะพบว่า เมื่อใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B จำนวนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีกำลังการสูญเสียไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสฮาร์โมนิกส์ก็เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนค่าความผิดเพี้ยนของแรงดันฮาร์โมนิกส์นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

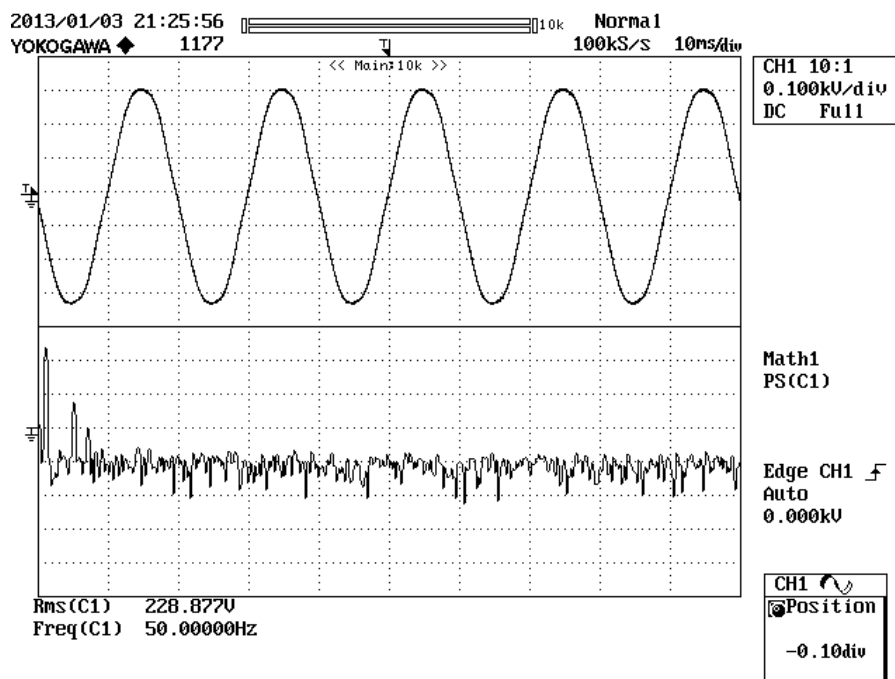


ก) รูปคลื่นแรงดัน



ข) รูปคลื่นกระแส

รูปที่ 4.8 รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B (1 ชุดขับ 1 หลอด)



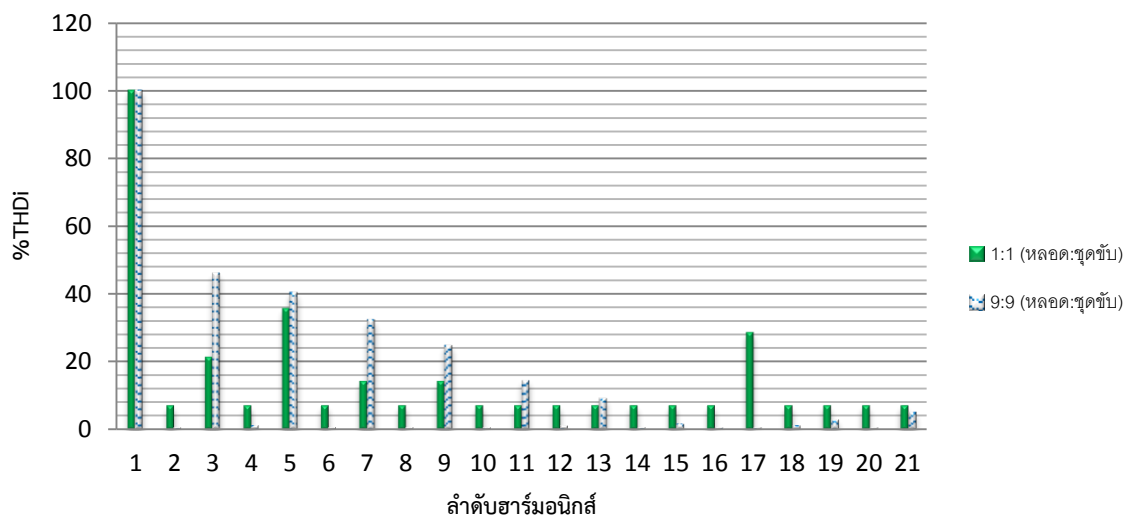
ก) รูปคลื่นแรงดัน



ข) รูปคลื่นกระแส

รูปที่ 4.9 กระแสและสเปกตรัมขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับ
ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B (9 ชุดขับ 9หลอด)

จากรูปที่ 4.8 และ 4.9 เป็นการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ร่วมกับชุดขับหลอดยี่ห้อ B พบว่ารูปคลื่นของกระแสมีความผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์เป็นอย่างมาก จึงทำให้ทราบได้ว่าการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ร่วมกับ ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) นั้นก่อให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกส์มากซึ่งเกิดจากการทำงานของอุปกรณ์จำพวกอิเล็กทรอนิกส์กำลัง



รูปที่ 4.10 ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกส์เมื่อมีการใช้งานชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ B

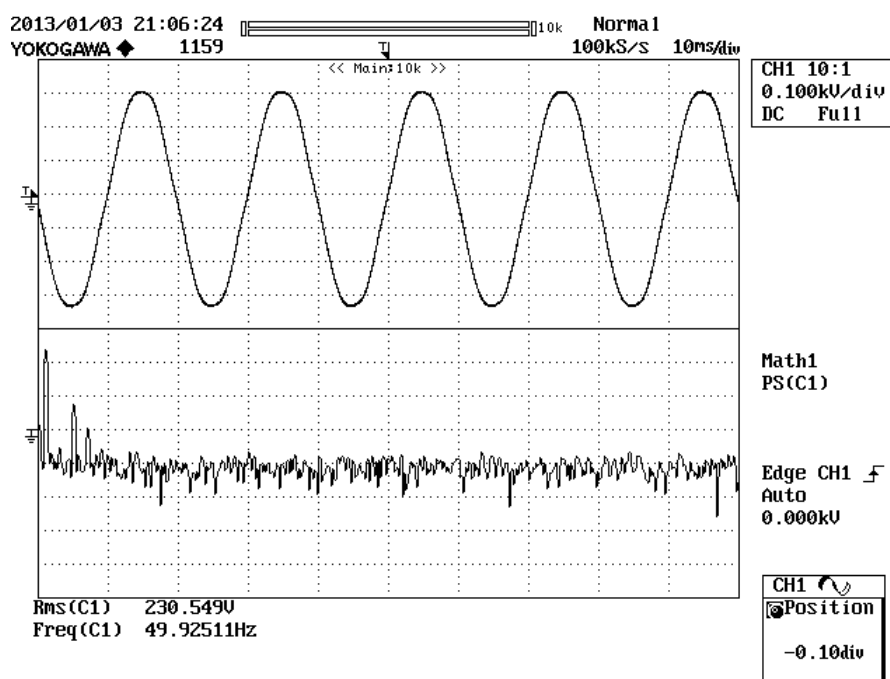
จากกราฟแสดงแสดงในรูปที่ 4.10 ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งในกรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 1 ชุด เมื่อพิจารณาลำดับฮาร์มอนิกที่ 1 - 21 ภาพรวมของการเกิดฮาร์มอนิกส์ลำดับคี่ มีปริมาณที่น้อยกว่า กรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 9 ชุด ในทางกลับกันภาพรวมของการเกิด ฮาร์มอนิกส์ลำดับคู่ นั้น พบว่ากรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 9 ชุด กระแสฮาร์มอนิกส์ไม่เกิดหรือเกิดน้อยมากเมื่อเทียบกับ กรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 1 ชุด

4.3.3 วัดค่าฮาร์มอนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง(LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C (ชนิดกระแสคงที่)

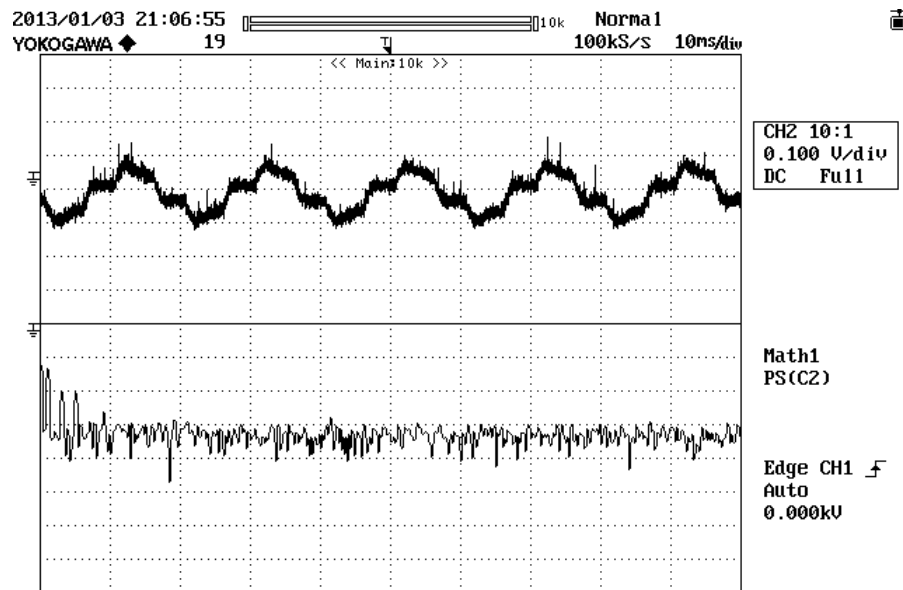
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงข้อมูลเบื้องต้น ของหลอดไดโอดเปล่งแสง(LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดยี่ห้อ C

ข้อมูลทางไฟฟ้าที่วัด	1 หลอด	9 หลอด
Power (W)	8.9	80.1
Frequency (Hz)	50	50
PF	0.78	0.78
%THD _v	2.4	2.4
V _{rms} (V)	225.6	223.6
%THD _i	56.0	23.5
I _{rms} (A)	0.051	0.46

จากตารางที่ 4.5 จะพบว่า เมื่อใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C จำนวนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีกำลังการสูญเสียไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสฮาร์มอนิกส์ก็เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนค่าความผิดเพี้ยนของแรงดันฮาร์มอนิกส์นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

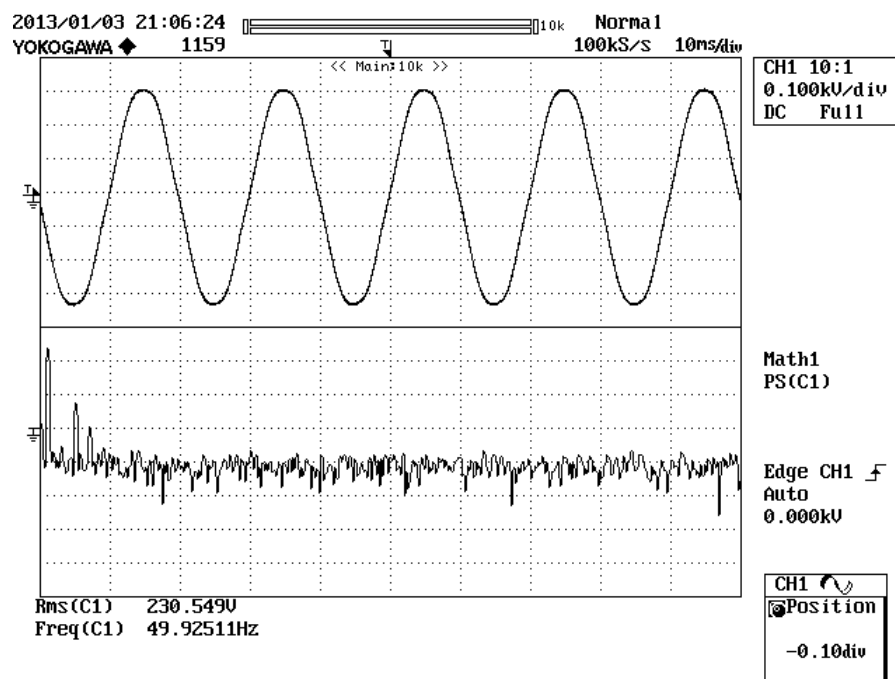


ก) รูปคลื่นแรงดัน

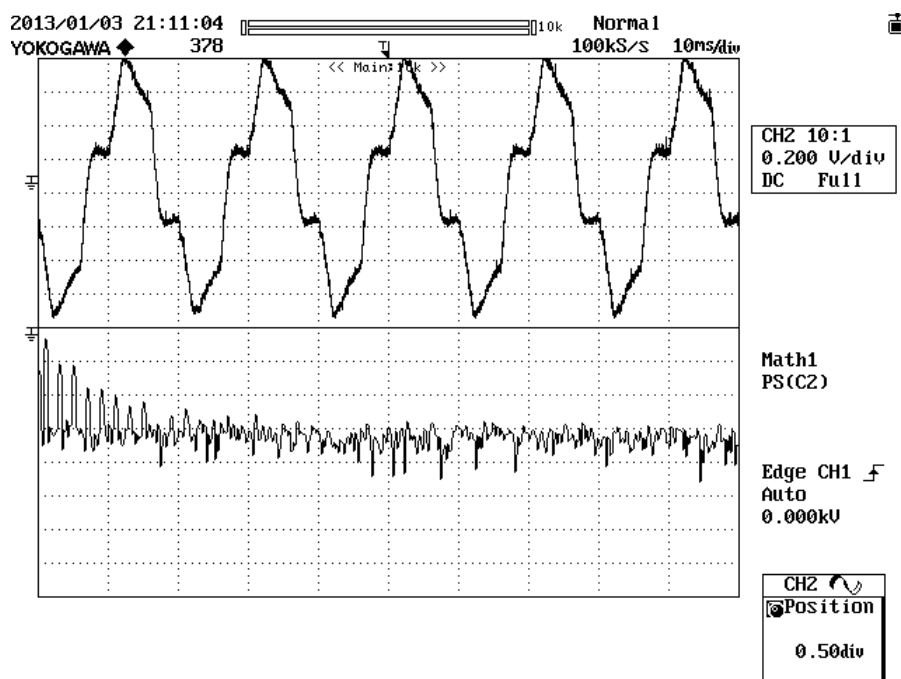


ข) รูปคลื่นกระแส

รูปที่ 4.11 รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับ
ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C (1 ชุดขับ 1 หลอด)



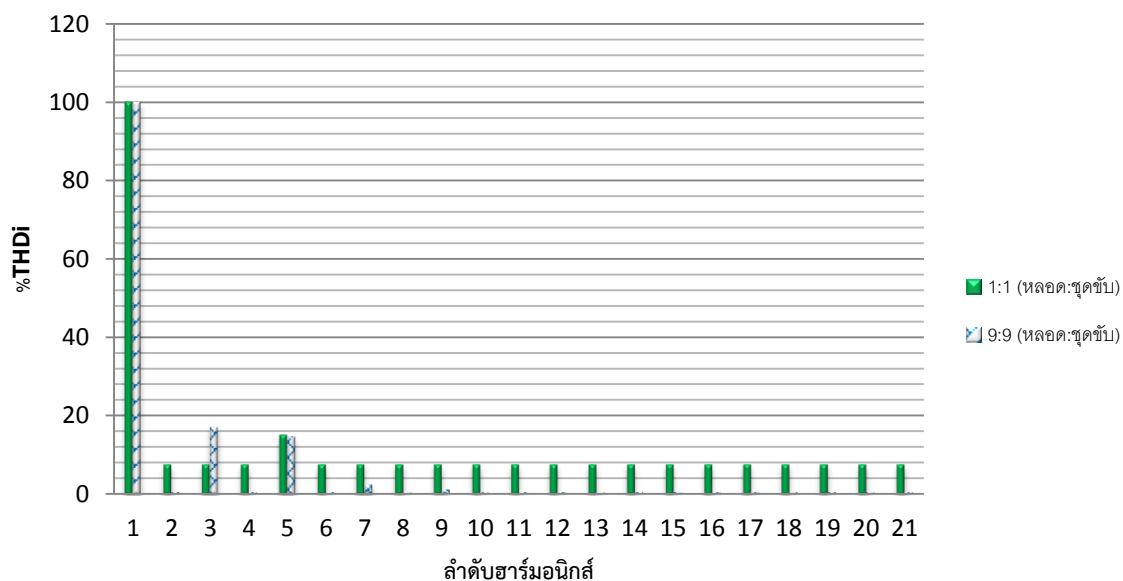
ก) รูปคลื่นแรงดัน



ข) รูปคลื่นกระแส

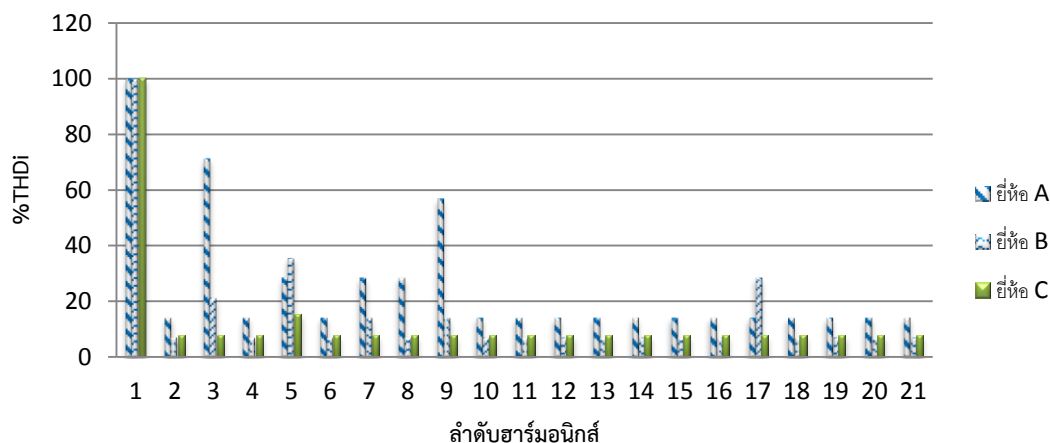
รูปที่ 4.12 รูปคลื่นพารามิเตอร์ขาออกของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C (9 ชุดขับ 9หลอด)

จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 พบว่ารูปคลื่นของกระแสนั้นค่อนข้างมีความใกล้เคียงกับรูปคลื่นไซน์ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ร่วมกับ ชุดขับหลอดยี่ห้อ C นั้น มีค่าฮาร์มอนิกส์ต่ำซึ่งต่างจากการใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ร่วมกับ ชุดขับหลอดยี่ห้อ A และ B เป็นอย่างมาก



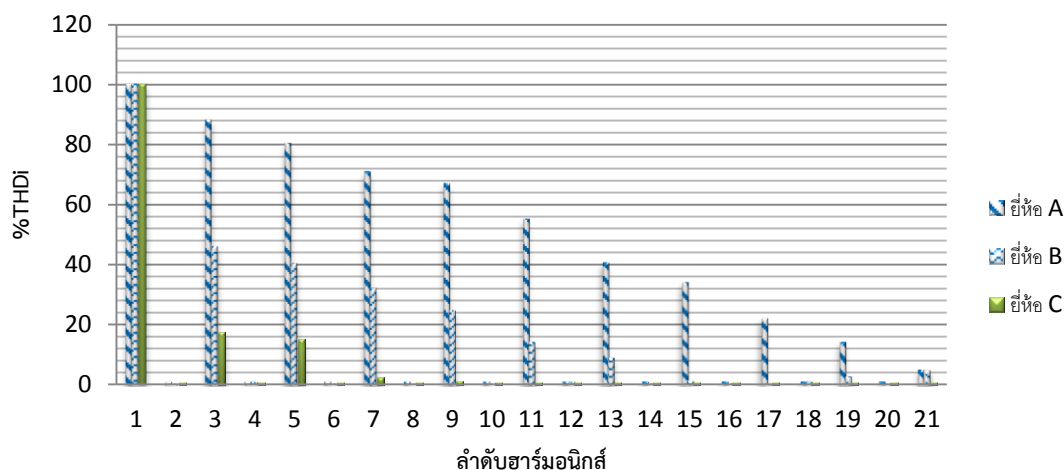
รูปที่ 4.13 ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกส์เมื่อมีการใช้งานชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C

จากกราฟในรูปที่ 4.13 แสดงค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งในกรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 1 ชุด ภาพรวมของการเกิดฮาร์โมนิกส์ลำดับคู่ มีปริมาณที่น้อยกว่า กรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 9 ชุดในทางกลับกันภาพรวมของการเกิด ฮาร์โมนิกส์ลำดับคี่นั้น พบว่ากรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 9 ชุด กระแสฮาร์โมนิกส์ไม่เกิดหรือเกิดน้อยมากเมื่อเทียบกับ กรณีที่ใช้ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 1 ชุด และพบว่าชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ C นั้น โดยส่วนใหญ่เกิดฮาร์โมนิกส์ที่อยู่ในมาตรฐาน (เป็นฮาร์โมนิกส์ที่ยอมรับได้)



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์ ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิด A B และ C จำนวน 1 ชุด

จากกราฟในรูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่า %THDi ของชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวน 1 ชุด ซึ่งพบว่าชุดขับหลอดชนิด A และ B ที่เป็นแบบแรงดันคงที่ (constant voltage) นั้นมีค่าสูงกว่าชุดขับหลอดชนิด C ที่เป็นแบบกระแสคงที่ (constant current) เกือบทุกอันดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่า %THDi ระหว่างชุด A และ B พบว่า ชุด A นั้นมีค่า %THDi ที่สูงกว่าชุด B และพบว่าทั้ง 3 ชนิด เกิดกระแสฮาร์โมนิกส์ลำดับคู่ด้วย



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าความผิดเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิด A B และ C จำนวน 9 ชุด

จากกราฟในรูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่า %THDi ของชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวน 9 ชุด ซึ่งพบว่าชุด C มีค่า %THDi ต่ำที่สุด และชุด B %THDi สูงที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้ ชุดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวน 1 ชุด (รูปที่ 4.19) พบว่ากระแสฮาร์โมนิกส์ลำดับคู่หายไปแต่กระแสฮาร์โมนิกส์ลำดับคี่นั้นมากขึ้น

ผลจากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ไม่มีมาตรฐานใดๆ รองรับติดตั้งไว้ที่ฉลากนั้นก่อให้เกิดกระแสฮาร์โมนิกส์ในปริมาณมาก ส่วนชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง(LED) ที่ได้รับรองมาตรฐานต่างๆ นั้นก่อให้เกิดกระแสฮาร์โมนิกส์ในปริมาณน้อย ในขณะที่เดียวกันผลกระทบด้านฮาร์โมนิกส์ที่เกิดจากชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จะมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเลือกใช้งานชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับสถานที่ในการติดตั้งใช้งานว่าสามารถยอมรับฮาร์โมนิกส์ได้มากน้อยเพียงใดด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่าง เช่น ในโรงพยาบาล จะมีอุปกรณ์ที่ไวต่อสัญญาณรบกวนเป็นอย่างมาก ดังนั้นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เลือกใช้ควรมีมาตรฐานรองรับด้วย เป็นต้น แต่ในปัจจุบันราคาของชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ได้มาตรฐานนั้นมีราคาค่อนข้างสูง อยู่ในช่วงประมาณ 1000 – 1500 บาท ส่วนชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ไม่มีมาตรฐานใด ๆ รองรับนั้นมีราคาเพียงประมาณ 300 - 500 บาท โครงการวิจัยนี้จึงได้คิดออกแบบวงจรกรองสัญญาณรบกวนมากรองสัญญาณรบกวนที่เกิดจากชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ไม่ได้มาตรฐานหรือได้มาตรฐานแต่คุณภาพไม่ดีให้มีความน่าเชื่อถือใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับ ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่มีคุณภาพสูงแต่มีราคาแพงเพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงให้เป็นที่แพร่หลายพร้อมกับพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายให้กับผู้บริโภคโดยใช้วงจรกรองที่ออกแบบร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่มีราคาถูกและมีคุณภาพ รวมทั้ง เพื่อรณรงค์ให้ประชาชนทั่วประเทศร่วมมือกันประหยัดพลังงาน

4.3 ผลการประยุกต์ใช้วงจรกรองตัวต้นแบบ

เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้มีอยู่ภายในระบบไฟฟ้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกรองสัญญาณรบกวนนั้นทิ้งไป ซึ่งสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ไม่ต้องการในงานวิจัยนี้นั้นจะเป็นสัญญาณรบกวนลำดับคี่คือ 3, 5, 7, 9, 11, ..., 21 โดยแนวคิดในการออกแบบวงจรกรองสัญญาณรบกวนนั้นเริ่มจากการหาจุดตัดความถี่ (f_c) ซึ่งที่สัญญาณรบกวนลำดับที่ 3 นั้นจะมีความถี่อยู่ที่ 150 เฮิรตซ์ นอกจากนี้ยังได้กำหนดขนาด ตัวเก็บประจุที่มีขายตามท้องตลาดให้มีค่าเท่ากับ 11 ไมโครฟารัด เพื่อเป็นแนวทางในการหาขนาดของตัวเหนี่ยวนำต่อไป

$$\text{จาก} \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4.9)$$

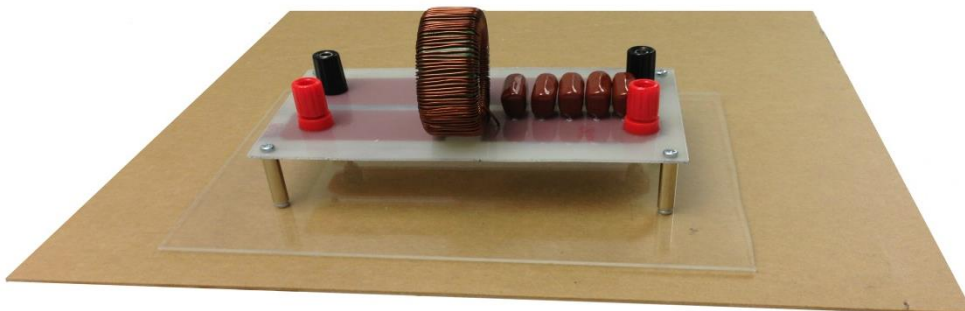
แทนค่า $f = 150 \text{ Hz}$, $C = 11 \text{ uF}$ ลงในสมการที่ (4.9) เพื่อหาค่า L

$$\text{จะได้} \quad 150 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times 11 \times 10^{-6}}} \quad (4.10)$$

$$L = 102.34 \text{ mH}$$

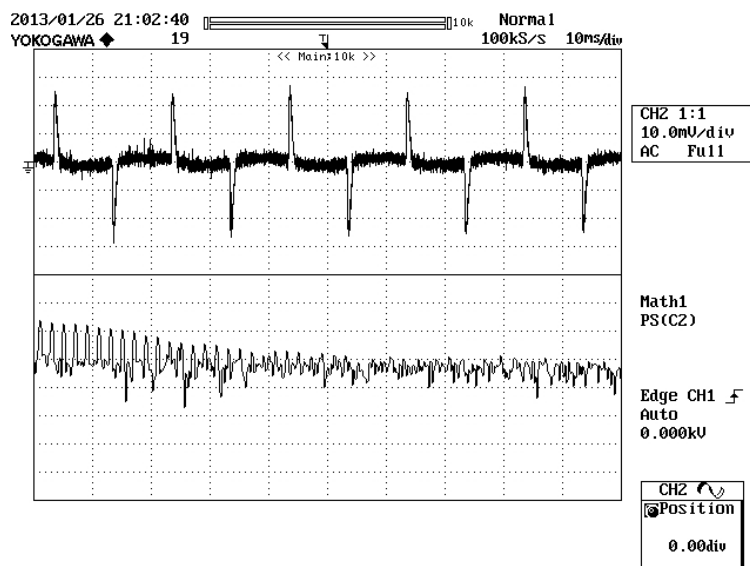
กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำ 102.34 mH

หลังจากที่ได้สร้างวงจรกรองตัวต้นแบบแล้วนั้น ได้นำมาทดสอบการใช้งานกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A ที่ใช้งานร่วมกับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งค่าฮาร์มอนิกส์เกินค่ามาตรฐาน

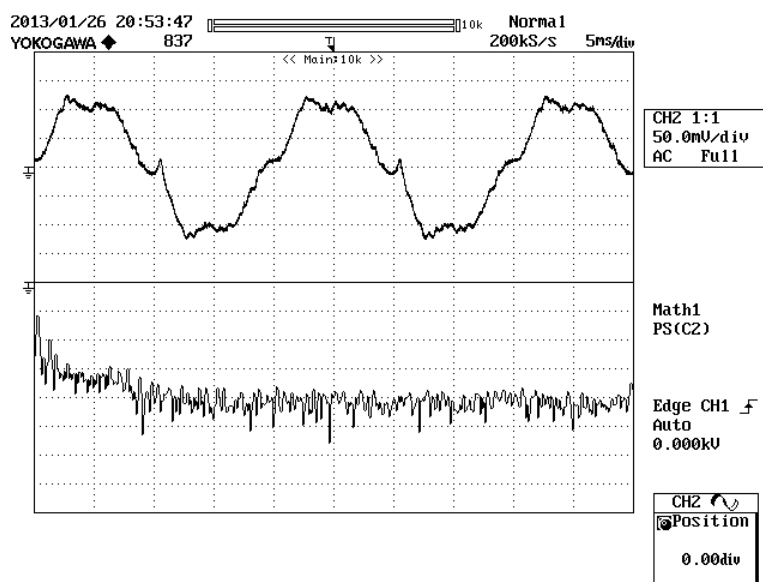


รูปที่ 4.16 วงจรกรองสัญญาณรบกวนสำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวน 1 หลอด

จากรูปที่ 4.16 วงจรกรองสัญญาณรบกวนที่ใช้ในการทดลองได้ใช้ตัวเหนี่ยวนำขนาด 102 มิลลิเฮนรี และตัวเก็บประจุขนาด 11 ไมโครฟารัด



ก) ก่อนใส่วงจรกรองสัญญาณรบกวน



ข) ก่อนใส่วงจรกรองสัญญาณรบกวน

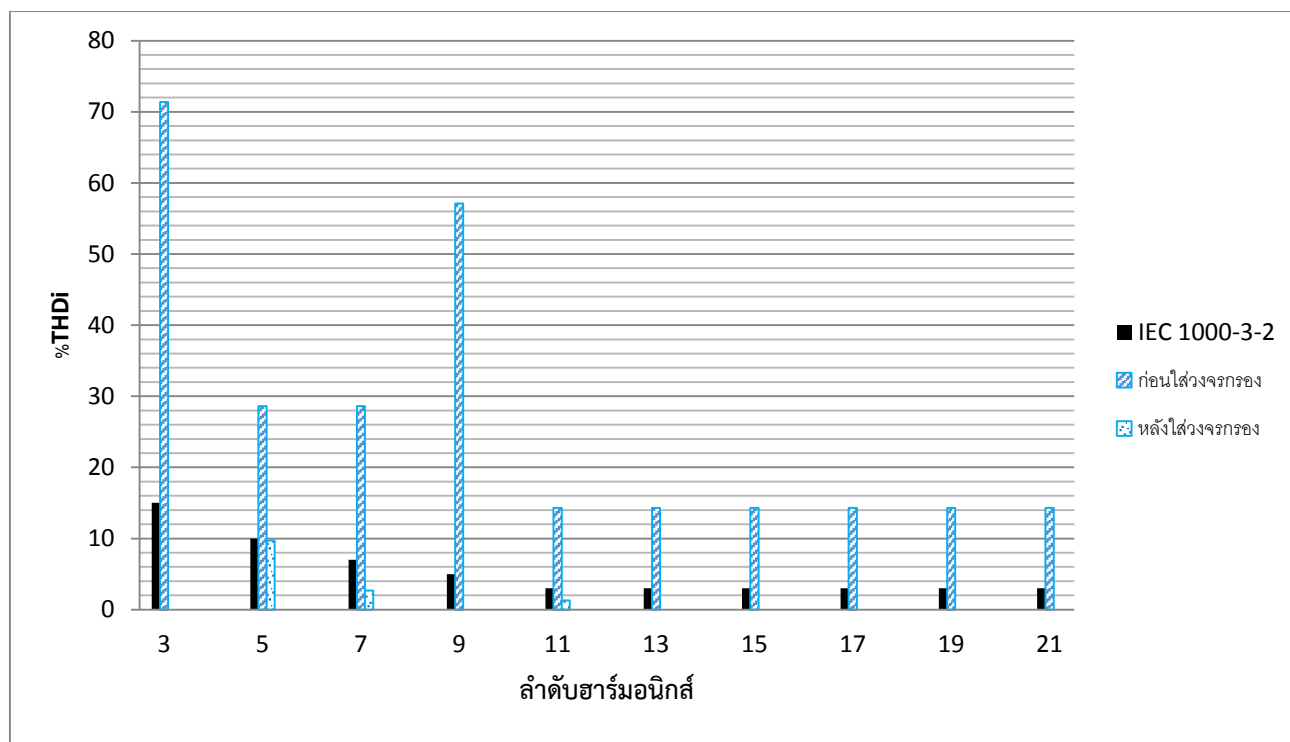
รูปที่ 4.17 กระแสฮาร์มอนิกส์ของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับ
ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A จำนวน 1 ชุด

จากรูปที่ 4.17 จะพบว่าเมื่อใส่วงจรกรองสัญญาณรบกวนแล้วนั้น รูปคลื่นที่ได้จะมีความใกล้เคียง
กับรูปคลื่นไซน์มากขึ้น

ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจวัดค่าของหลอดหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับชุดขับหลอด
ไดโอดเปล่งแสง (LED) ยี่ห้อ A จำนวน 1 ชุด

ข้อมูลที่วัดค่า	หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 1 หลอด	
	ก่อนใส่วงจรกรอง สัญญาณรบกวน	หลังใส่วงจรกรอง สัญญาณรบกวน
Real Power (W)	4.4	6.4
Frequency (Hz)	50	50
%THD _v	1.7	1.9
V _{rms} (V)	226.5	227.5
%THD _i	141.4	10.2
I _{rms} (A)	0.046	0.79

จากตารางที่ 4.6 พบว่าค่ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่วัดได้เมื่อนำวงจรกรองสัญญาณรบกวนตัวต้นแบบมาใช้งานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จะมีค่าลดลงกว่าชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ยังไม่ได้ใส่วงจรกรองสัญญาณรบกวนคือ ลดลงจาก 141.4 เปอร์เซ็นต์ เป็น 10.2 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำค่ากระแสฮาร์มอนิกส์ที่วัดได้จากชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ใช้งานร่วมกับวงจรกรองสัญญาณรบกวนมาทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน IEC 1000-3-2 (EN 61000-3-2) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบค่ากระแสฮาร์โมนิกส์ทั้งก่อนและหลังใส่วงจรกรองสัญญาณรบกวนของหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวน 1 หลอดกับมาตรฐาน IEC1000-3-2

จากรูปที่ 4.18 พบว่าเมื่อใส่วงจรกรองสัญญาณรบกวนเข้าไปทำงานร่วมกับชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จะส่งผลให้ค่ากระแสฮาร์โมนิกส์ที่วัดได้นั้นมีค่าลดลงจากเดิม ซึ่งจะเห็นว่าชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ไม่ได้ใส่วงจรกรองสัญญาณรบกวนนั้น มีกระแสฮาร์โมนิกส์บางลำดับที่เกินกว่าค่ามาตรฐาน IEC 1000-3-2 แต่เมื่อได้ทำการใส่วงจรกรองสัญญาณรบกวนเข้าไปแล้วนั้นจะพบว่าค่ากระแสฮาร์โมนิกส์ที่วัดได้จะมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

4.4 ผลการศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบของการติดตั้งวงจรกรองสัญญาณรบกวนร่วมกับการใช้งานชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) นั้น ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการตัดสินใจติดตั้งอีกประการหนึ่งคือ หลักเศรษฐศาสตร์ ซึ่งในการวิจัยนี้ได้แสดงถึงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ ของการติดตั้งวงจรกรอง ร่วมกับการใช้งานของชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ก่อให้เกิดความผิ่ยนของรูปคลื่นของกระแสเทียบกับการใช้งานของบัลลาสต์คุณภาพสูง

ในการศึกษาเรื่องการควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 นั้น ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการตัดสินใจติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 อีกประการหนึ่งคือ หลักเศรษฐศาสตร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แสดงถึงการ

คำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของก่อนและหลังอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ดังนี้

4.4.1 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในกรณีคิด 1 ดวงโคม

ใช้ดวงโคม 2×36 วัตต์ (ดวงโคมสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8) ซึ่งได้ใช้ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง 1 ชุด แล้วมีขนาด 86 วัตต์ เปิดใช้งานวันละ 8 ชั่วโมงต่อวัน แต่เมื่อเปลี่ยนใช้โคม 2×28 วัตต์ (ดวงโคมสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5) ซึ่งต่อร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 1 ชุดแล้วจะมีขนาด 61 วัตต์ ซึ่งจะประหยัดค่าไฟได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 และการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ต่อ 1 ดวงโคม (2 หลอด/โคม)

สูตรการคำนวณ	หลอดสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็กในดวงโคม 2×36 วัตต์	หลอดสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในดวงโคม 2×28 วัตต์
จำนวนหน่วยไฟ/ปี (หน่วย)	$\frac{86 \times 8 \times 240}{1000} = 165.12$	$\frac{61 \times 8 \times 240}{1000} = 117.12$
ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)	$165.12 \times 4 = 660.48$	$117.12 \times 4 = 468.42$
เงินที่ประหยัดต่อปี (บาท/ปี)	$660.48 - 468.42 = 192$	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	$\frac{500}{192} = 2.6$	

*หมายเหตุ คิดค่าไฟหน่วยละ 4 บาท

จากตารางที่ 4.7 พบว่าหากทำการติดตั้งหลอดสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จะประหยัดไฟ 48 หน่วยต่อปีต่อโคม เมื่อเปรียบเทียบกับการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 หรือคิดเป็น 192 บาทต่อปีต่อโคม และยังช่วยลดการเกิดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 37 กิโลกรัมต่อปีเมื่อคิดเปรียบเทียบต่อ 1 ดวงโคม

4.4.2 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หลังการติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จากผู้ทดสอบ เปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 และการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 กับชุดควบคุม ต่อ 2 ดวงโคม (2 หลอด/โคม)

สูตรการคำนวณ	หลอดสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 ต่อกับบัลลาสต์แกนเหล็กในดวงโคม 2x36 วัตต์	หลอดสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในดวงโคม 2x28 วัตต์ จำนวน 2 โคม หลังเปิดใช้ชุดควบคุม
จำนวนหน่วยไฟ/ปี (หน่วย)	$\frac{165 \times 8 \times 240}{1000} = 316.8$	$\frac{52 \times 8 \times 240}{1000} = 99.84$
ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)	$316.8 \times 4 = 1267.2$	$99.84 \times 4 = 399.36$
เงินที่ประหยัดต่อปี (บาท/ปี)	$1267.2 - 399.36 = 867.84$	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	$\frac{4070}{867.84} = 4.69$	

*หมายเหตุ คิดค่าไฟหน่วยละ 4 บาท

จากตารางที่ 4.8 พบว่าหากทำการติดตั้งหลอดสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จะประหยัดไฟ 216.96 หน่วยต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 หรือคิดเป็น 867.84 บาทต่อปี

4.4.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หลังการติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จากตู้ทดสอบ เปรียบเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 และการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 กับชุดควบคุม ต่อ 2 ดวงโคม (2 หลอด/โคม)

สูตรการคำนวณ	หลอดสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในดวงโคม 2x28 วัตต์	หลอดสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ต่อกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในดวงโคม 2x28 วัตต์ จำนวน 2 โคม หลังเปิดใช้ชุดควบคุม
จำนวนหน่วยไฟ/ปี (หน่วย)	$\frac{120 \times 8 \times 240}{1000} = 230.4$	$\frac{52 \times 8 \times 240}{1000} = 99.84$
ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)	$230.4 \times 4 = 921.6$	$99.84 \times 4 = 399.36$
เงินที่ประหยัดต่อปี (บาท/ปี)	$921.6 - 399.36 = 522.24$	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	$\frac{1970}{522.24} = 3.77$	

*หมายเหตุ คิดค่าไฟหน่วยละ 4 บาท

จากตารางที่ 4.9 พบว่าหากทำการติดตั้งหลอดสำหรับฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 กับชุดควบคุมจะประหยัดไฟ 130.56 หน่วยต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 หรือคิดเป็น 522.24 บาทต่อปี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องการควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จะแบ่งการศึกษาและทดลองออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ได้แก่ การทำการศึกษาและจำลองผลการทดลองก่อนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DIALux วิเคราะห์และบันทึกผลการทดลองก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จากตู้ทดสอบที่ได้ออกแบบและจัดทำขึ้น วิเคราะห์และบันทึกผลการทดลองหลังการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 และวิเคราะห์ความเหมาะสมของการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการศึกษาและจำลองผลการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DIALux จะพบว่า การติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 และดวงโคมตามภาคผนวก ก. จำนวน 2 โคม โคมละ 2 หลอด ทำให้ทราบค่าความเข้มแสงเฉลี่ยต่อพลังงานที่ใช้ ดังนี้ เมื่อเปิดดวงโคมโคมหน้าเพียงโคมเดียวมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยต่อพลังงานที่ใช้ภายใต้ดวงโคมเท่ากับเปิดดวงโคมโคมหน้าหลังโคมเดียว และเมื่อเปิดดวงโคมพร้อมกันทั้ง 2 ดวงโคมมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยต่อพลังงานที่ใช้ประมาณ 2 เท่าของเมื่อเปิดดวงโคมเดียว

นอกเหนือจากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วโครงการวิจัยนี้ยังได้จัดทำตู้ทดสอบซึ่งสามารถทดสอบเปรียบเทียบการใช้งานก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 โดยตู้ทดสอบสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทั้งทางด้านพลังงานไฟฟ้าและด้านการส่องสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ซึ่งจากการทดสอบทางด้านพลังงานไฟฟ้าจะพบว่า ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 มีการใช้พลังงาน 120 วัตต์ ในขณะที่หลังการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จะมีกำลังกำลังลดลงประมาณ 50% และในด้านการส่องสว่างจะพบว่าอุปกรณ์ควบคุมแสงอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จะทำหน้าที่ควบคุมให้ค่าความเข้มแสงมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงภายในห้องสำนักงานภายในอาคาร ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้และยังช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายอีกด้วย

สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จะต้องมีการใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหรี่แสงเท่านั้น และยังต้องกำหนดค่าความเข้มแสงให้มีค่าประมาณ 300-500 lux เสมอไม่ว่าจะมีแสงภายนอกมากน้อยเพียงไร จึงทำการทดลองโดยการปรับ

ระดับบานเกล็ดที่ละ 15 องศาจะพบว่า อุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จะทำหน้าที่ควบคุมให้ค่าความเข้มแสงภายใต้ดวงโคมมีค่า 300-500 lux เสมอ

ในส่วนของการศึกษาและการวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์จะพบว่าเมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารได้รวมถึงจะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้ด้วยนั่นเอง ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์จะพบว่ามีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ที่อุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จำนวน 1 ชุดสามารถควบคุมได้และจะขึ้นอยู่กับปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคารในแต่ละวันด้วย กล่าวคือถ้าอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 สามารถควบคุมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ได้ทีละหลายๆหลอดและมีแสงธรรมชาติเข้ามามากก็จะยิ่งทำให้คืนทุนเร็ว

โดยรวมแล้วหากมีการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 ภายในอาคารจะสามารถทำให้มีการลดใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างภายในอาคาร จึงทำให้มีการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจึงสามารถลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติที่มีปริมาณมากอยู่แล้วและทำการควบคุมแสงสว่างให้เหมาะสมกับการใช้งานในสำนักงานคือมีค่าความเข้มแสงประมาณ 300-500 lux จะยิ่งช่วยให้ไม่สิ้นเปลืองในการใช้งานแสงสว่างที่เกินความจำเป็น ดังนั้นอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างด้วยตัวตรวจจับแสงธรรมชาติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องและตระหนักถึงคุณค่าของพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย รวมถึงการลดค่าใช้จ่ายภายในสำนักงานอีกด้วย

การศึกษาและวิเคราะห์ฮาร์โมนิกส์ที่เกิดจากหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ได้แบ่งการศึกษาและทดลองออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ การทำการศึกษาและวิเคราะห์ฮาร์โมนิกส์ที่เกิดจากชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสงต่างชนิดกัน ส่วนถัดมาได้ทำการออกแบบวงจรกรองเพื่อกำจัดฮาร์โมนิกส์ที่เกิดจากหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) และชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จากนั้นสร้างวงจรกรองตัวต้นแบบ ในส่วนสุดท้ายได้ทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการติดตั้งใช้วงจรกรองร่วมกับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED)

ในการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับฮาร์โมนิกส์ที่เกิดจากชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ต่างชนิดกัน จากการทดลองพบว่า ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดแรงดันคงที่ (Constant Voltage) มีข้อดีหลักๆ คือ มีขนาดเล็กและเบา มีระบบป้องกัน (Protection) ภายใน เกิดการสูญเสียน้อยเหมาะสมมาก ๆ กับงานที่ใช้กำลังสูง ๆ แต่มีข้อเสียคือ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่าต่ำและก่อให้เกิดกระแสฮาร์โมนิกส์เนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้น ส่วนชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดกระแสคงที่ (Constant Current) นั้น มีข้อดีหลักๆคือ ก่อให้เกิดกระแสฮาร์โมนิกส์น้อยกว่าชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดแรงดันคงที่ มีน้ำหนักที่เบากว่า แต่มีข้อเสียคือ สามารถทำการขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ได้เพียงหนึ่งชุดขับต่อหนึ่งหลอดเท่านั้น

ซึ่งในการทดลองได้ทดลองใช้ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดแรงดันคงที่ (Constant Voltage) โดยที่ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดแรงดันคงที่ ที่มีคุณภาพสูงที่สุดนั้นเป็นยี่ห้อ B ค่าผลกระทบของฮาร์โมนิกส์ที่วัดได้นั้นมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดแรงดันคงที่ ยี่ห้อ B นั้นมีมาตรฐานรองรับ เช่น มาตรฐาน CE, มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้น ส่วนชุดขับหลอด ไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดแรงดันคงที่คุณภาพรองลงมาคือยี่ห้อ A พบว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับชุด ขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดแรงดันคงที่ยี่ห้อ B ส่วน ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิด แรงดันคงที่ ที่มีคุณภาพต่ำสุดคือยี่ห้อ A ซึ่งไม่มีมาตรฐานใด ๆ รองรับที่ฉลาก และจากการวิเคราะห์พบว่า สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่นั้นเกิดในย่านความถี่ต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากวงจรเรียงกระแสที่อยู่ภายใน ตัวชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดแรงดันคงที่ ส่วนวงจรที่ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนทาง แม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่สูงนั้นคือวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งไม่สามารถวัดค่าออกมาได้ เนื่องจากข้อจำกัดของ อุปกรณ์ที่มีที่สามารถวัดได้สูงสุดที่ค่าความถี่ 10 kHz เท่านั้น

จากผลการศึกษาข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดแรงดันคงที่ ที่ไม่มีมาตรฐานใดๆ รองรับติดไว้ที่ฉลากนั้นก่อให้เกิดกระแสฮาร์โมนิกส์ในปริมาณมาก ส่วนชุดขับหลอด ไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดแรงดันคงที่ ที่ได้รับรองมาตรฐานต่างๆ นั้นก่อให้เกิด กระแสฮาร์โมนิกส์ใน ปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ในขณะเดียวกันผลกระทบด้านฮาร์โมนิกส์ที่เกิดจาก ชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดกระแสคงที่จะมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเลือกใช้งานชุดขับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ชนิดกระแส คงที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับสถานที่ในการติดตั้งใช้งานว่าสามารถยอมรับฮาร์โม นิกส์ได้มากน้อยเพียงใดด้วย

จากการศึกษาข้างต้นได้มีการนำข้อมูลมาออกแบบวงจรกรอง โดยวงจรกรองนี้ได้ออกแบบให้ ค่ากระแสฮาร์โมนิกส์อยู่ภายใต้มาตรฐาน IEC 1000-3-2 โดยมาตรฐาน IEC 1000-3-2 เป็นมาตรฐานที่ นิยามการวัดค่าจำกัดฮาร์โมนิกส์ของไฟฟ้ากระแสสลับของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดย ออกแบบมาเพื่อใช้งานร่วมกับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ขนาด 3 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ซึ่งวงจรกรองนี้ เป็นแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ซึ่งในการใช้งานจริงนั้นพบว่าวงจรกรองนี้สามารถกรองฮาร์โมนิกส์ได้ จริง และผ่านค่ามาตรฐาน แต่ทั้งนี้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ได้อาจไม่สูงนัก ดังนั้นแนวโน้มในการศึกษา ในอนาคตอาจมีการพัฒนาต่อยอดโดยการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Wing-Hung Ki, Jiying Shi, Elson Yau, Philip K. T. Mok, and Johnny K. O. Sin, “Phase-Controlled Dimmable Electronic Ballast for Fluorescent Lamps,” Department of Electrical and Electronic Engineering, Hong Kong University of Science and Technology, 1999.
- [2] L.H. Goud and J.W.F. Dorleijn “Standardized data for dimming of fluorescent lamps,” Development Department Roosendaal Philips Lighting B.V., 2002.
- [3] Fabio Toshiaki Wakabayashi and Carlos Alberto Canesin “Dimmable Electronic Ballast with High Power-Factor SEPIC Preregulator, for Multiple Tubular Fluorescent Lamps,” IEEE Power Electronics Specialists Conference 35th, 2004, pp. 4043-4049.
- [4] O. Holcomband R. Mueller, “The LED Lightbulb: Are we there yet?Progress and Challenges for Solid State Illuminatiion,”in Proc. IEEE Int. Conf. Pervas.Comput. Commun. Workshops, 2007, pp. 654–659.
- [5] D. Caicedo and A.Pandharipande, “Distributed Illumination Control With Local Sensing and Actuation in Networked Lighting Systems,” IEEE Sensors Journal, Vol. 13, No. 3, 2012, pp 1092-1104.
- [6] M. Fischer, K. Wuand P. Agathoklis, “Intelligent Illumination Model-Based LightingControl,”32nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, 2012
- [7] G.Parise and LMartirano, “Energy Performance of Interior Lighting Systems,”IEEE Sensors Journal, Vol. 9, No. 2, 2011,pp 880-885.
- [8] S.Matta and S. M. Mahmud, “An Intelligent Light Control System for Power Saving,”28thDistributed Computing Systems Workshops International Conference, 2008, pp. 316-321
- [9] G.Parise and L.Martirano, “Combined Electric Light and Daylight Systems Ecodesign,”Industry Applications Magazine, March-April 2011, pp 14-19.
- [10] S. A. Husen, A. Pandharipande, L. Tolhuizen, Y. Wang and M.Zhao,“Lighting Systems Control for Demand Response,”IEEE Power and Energy journal, vol. 5, 2011, pp 52-58.
- [11] R. G. Mistrick and C. A. Casey, “Performance Modeling of Daylight Integrated Photosensorcontrolled Lighting System”IEEE Sensors Journal, Vol. 11, No. 3, 2011, pp903-914.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [12] F. M. Rubinstein and M. Karayel, "The Measured Energy Savings from Two Lighting Control Strategies," IEEE Transaction On Industry Application, Vol. IA-20, No. 5, 1984, pp. 1189-1197.
- [13] L. Martirano, "Lighting systems to save energy in educational classrooms," Optical Technique, Vol. 33, No. 1, 2009, pp. 110-115.
- [14] Harpreet kaur Channi, and Harwinder Singh Sohal, "Power Quality Innovation in Harmonic Filtering", International Journal of Research in Engineering & Applied Sciences (IJREAS), Vol. 2, Issue 2, February 2012, pp. 518-528.
- [15] Manuel Arias, Diego G. Lamar, Francisco F. Linera, Didier Balocco, Almadidi Aguisa Diallo, and Javier Sebastián, "Design of a Soft-Switching Asymmetrical Half-Bridge Converter as Second Stage of an LED Driver for Street Light Application", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 27, No. 3, March 2012, pp. 1608-1621.
- [16] S. Y. Ron Hui, Leung Ming Lee, Henry Shu-Hung Chung, and Y.K. Ho, "An Electronic Ballast with Wide Dimming Range, High PF, and Low EMI", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 16, No. 4, July 2001, pp. 465-472.
- [17] Fabio Luis Tómm, Álysson Raniere Seidel, Alexandre Campos, Marco A. Dalla Costa, and Rocardo Nederson do Prado, "HID Lamp Electronic Ballast Based on Chopper Converters", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 59, No. 4, April 2012, pp. 1799-1807.
- [18] Ashish Pandharipande and David Caicedo, "Daylight integrated illumination control of LED systems based on enhanced presence sensing" 2011, pp. 944 - 950.
- [19] W.R. Ryckaert, K.A.G. Smet, I.A.A. Roelandts, M. Van Gils and P. Hanselaer, "Linear LED tubes versus fluorescent lamps: A evaluation" 2012, pp. 429 - 436.
- [20] Sohel Uddin, Hussain Shareef, Azah Mohamed, M A Hannan, "An Analysis of Harmonics from LED Lamps" 2012, pp. 837 - 840.
- [21] Sohel Uddin, Hussain Shareef, Member, IEEE, Azah Mohamed, Senior Member, IEEE, and M A Hannan, Member, IEEE, "An Analysis of Harmonics from Dimmable LED Lamps" 2012 IEEE International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2012), Melaka, Malaysia: 6-7 June 2012, pp. 182 - 186.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [22] Nan Chen, Student Member, IEEE, and Henry Shu-Hung Chung, Senior Member, IEEE
“A Driving Technology for Retrofit LED Lamp for Fluorescent Lighting Fixtures With
Electronic Ballasts” IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 26, NO. 2,
FEBRUARY 2011, pp. 588 – 601.
- [23] Tiecheng Gao , Yanjin Ai, Haixia, “LED Fluorescent Lamp Design” 2011
- [24] Fengze Hou, Daoguo Yang, G.Q. Zhang, Dongjing Liu, “Research on Heat Dissipation of
High Heat Flux Multi-Chip GaN-Based White LED Lamp” 2011 International Conference
on Electronic Packaging Technology & High Density Packaging, pp. 1101 – 1105.
- [25] Mokhtar Ali, Mohamed Orabi, Mahrous E. Ahmed and Abdelali El Aroudi, “Design
Considerations of a Single-Stage LED Lamp Driver with Power Factor Correction”
- [26] T. M. Roffi, I. Idris, K. Uchida, S. Nozaki, N. Sugiyama, H. Morisaki, F. X. N. Soelami,
“Improvement of High-Power-White-LED Lamp Performance by Liquid Injection” 2011
International Conference on Electrical Engineering and Informatics 17-19 July 2011,
Bandung, Indonesia
- [27] นโยบายด้านพลังงานของรัฐบาล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://www.energy.go.th/?q=th/energy_policy
- [28] โครงการส่งเสริมการใช้หลอดคอมเบอร์ 5. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://t5.egat.co.th/detal1.htm>
- [29] HEP Group USA Inc. “Daylight Control & Energy Savings,” P O Box 3088 Rancho
Palos Verdes, CA 90274 USA, pp. 2-7.
- [30] Cooper Industries, Ltd. “SMART ENVIRONMENTS,” 600 Travis, Ste. 5800
Houston, pp. 1-7.
- [31] Wing-Hung Ki, Jiyang Shi, Elson Yau, Philip K. T. Mok, and Johnny K. O. Sin, “Phase-
Controlled Dimmable Electronic Ballast for Fluorescent Lamps,” Department
of Electrical and Electronic Engineering, Hong Kong University of Science and
Technology, 1999.
- [32] L.H. Goud and J.W.F. Dorleijn “Standardized data for dimming of fluorescent
lamps,” Development Department Roosendaal Philips Lighting B.V., 2002.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [33] Fabio Toshiaki Wakabayashi and Carlos Alberto Canesin “Dimmable Electronic Ballast with High Power-Factor SEPIC Preregulator, for Multiple Tubular Fluorescent Lamps,” IEEE Power Electronics Specialists Conference 35th, 2004, pp. 4043-4049.
- [34] ศุภี บรรจงจิตร, “วิศวกรรมส่องสว่าง”, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- [35] คำนวนการประหยัดพลังงานไฟฟ้า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://t5.egat.co.th/saving.php.htm>
- [36] ดลวัฒน์ กองแก้ว และ กานต์ วะกุลสิน, “บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์หรี่แสงแบบดิจิตอล,” ปรินญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.
- [37] ณัฐพล เตียวประเสริฐ และ กฤตย์ พวงนาค, “ชุดปรับแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์,” ปรินญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.
- [38] นายชาญณรงค์ เกษรมาลา, นายทัศนเทพ ยอดไทย และ นายนพดล แสงแดง, “ชุดควบคุม แสงสว่าง หลอดฟลูออเรสเซนต์อัตโนมัติ,” ปรินญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2548.
- [39] หลอดคอมใหม่เบอร์ 5. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.hitop.co.th/T5-Detail.htm>
- [40] อุปกรณ์ไฟโต้. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://www.sptc.ac.th/prapruet/devicesweb/books/book_15.htm
- [41] ไฟโต้ทรานซิสเตอร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://electronics.se-ed.com/contents/140s135/140s135_p08.asp
- [42] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, “บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์”, เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยี การประหยัดพลังงาน
- [43] สุริยปกร งามสรรพศิริ, “คู่มือการออกแบบและคำนวณระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยโปรแกรมDIALux” ปรินญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ,ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- [44] ดนัย ชูแพชร, “การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในส่วนของหลอดและบัลลาสต์”, กระทรวงพลังงาน

ภาคผนวก ก

ทฤษฎีแสงสว่าง

ก1. หน่วยที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่าง

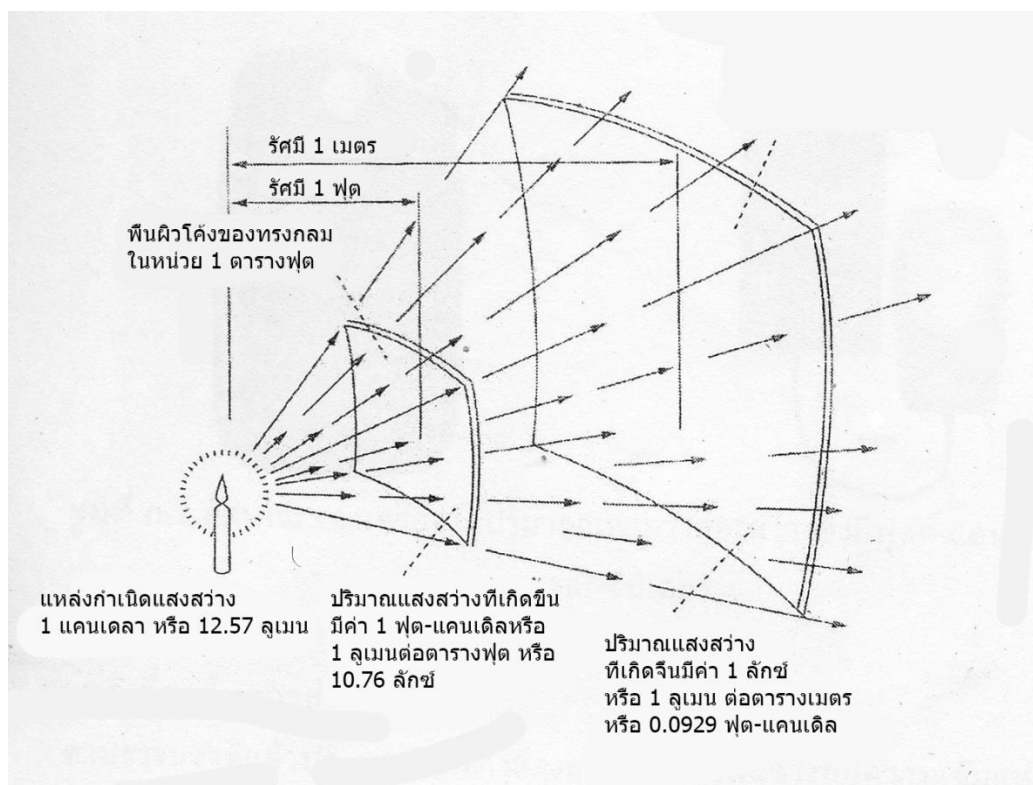
แสงสว่างเป็นพลังงานอย่างหนึ่งที่สามารถวัดปริมาณได้เหมือนพลังงานอย่างอื่น แต่มีชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไปเท่านั้น การวัดปริมาณแสงสว่างอาจจะออกมาในรูปความเข้มส่องสว่างปริมาณจำนวนเส้นของแสงสว่าง หรืออาจจะอยู่ในรูปปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างต่อหน่วยพื้นที่และอื่นๆ

ก1.1 ความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity) หรือ กำลังส่องสว่าง (Candelapower)

สามารถวัดค่าได้ตามความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังงานที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างซึ่งมีหน่วยเป็น แคนเดลา (Candela) กำลังการส่องสว่างหรือความเข้มส่องสว่าง หนึ่งแคนเดลาจะมีขนาดเท่ากับ $1/60$ ของความเข้มส่องสว่างต่อตารางเซนติเมตรบนทุกๆ พื้นที่ผิวของวัตถุดำที่อุณหภูมิเท่ากับจุดเยือกแข็งของทองคำขาวภายใต้ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท

ก1.2 ปริมาณจำนวนเส้นของแสงสว่าง (Lumen)

ในการบอกความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงสว่างใดๆ อีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันคือ จะอยู่ในรูปของปริมาณจำนวนเส้นของแสงสว่างที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างนั้น เช่น ถ้ามีแหล่งกำเนิดแสงสว่างขนาดเล็กมากๆ เหมือนจุดที่มีค่าความเข้มส่องสว่างเปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทุกทิศทางและมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม โดยมีรัศมี 1 หน่วยปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างที่พุ่งไปตกลงบนทุกๆ 1 ตารางหน่วยพื้นที่บนผิวของทรงกลมจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน ถ้าพิจารณาพื้นที่ทั้งหมดของทรงกลมแล้ว จะมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ เพราะฉะนั้นค่าความเข้มส่องสว่าง 1 แคนเดลา จะสามารถเปล่งปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างออกได้เท่ากับ 12.57 ลูเมน พิจารณาได้จากรูปที่ ก-1



รูปที่ ก-1 ความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่างในรูปของฟุต-แคนเดิลและลักซ์

ก1.3 ฟุต-แคนเดลา (Foot-candela)

พิจารณาจากการนำแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่มีขนาดเล็กมากๆ เสมือนจุดที่มีค่าความเข้มส่องสว่างเปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทุกทิศทางมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม โดยมีรัศมี 1 ฟุต และมีปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง 1 ลูเมน ไปตกลงบนพื้นที่ผิวของทรงกลมทุกๆ หนึ่งตารางฟุต ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ฟุต-แคนเดิล หรือมีค่า 1 ลูเมนต่อตารางฟุต

ถ้ามีแหล่งกำเนิดแสงสว่างขนาดเล็กมากๆ เสมือนจุดที่มีค่าความเข้มส่องสว่างเปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทุกทิศทางและมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม โดยมีรัศมี 1 เมตรและมีปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง 1 ลูเมน ไปตกลงบนพื้นที่ผิวของทรงกลมทุกๆ หนึ่งตารางเมตร ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลักซ์หรือมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางเมตรและค่าปริมาณแห่งการส่องสว่าง 1 ฟุต-แคนเดิล จะที่ค่าเท่ากับ 10.76 ลักซ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวัด

ค่าปริมาณแห่งความส่องสว่างที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ ฟุต-แคนเดลิเมตร (Foot-candlemeter) กับลักซ์มิเตอร์ (Luxmeter) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ ก-2



รูปที่ ก-2 ลักษณะของเครื่องวัดปริมาณแห่งการส่องสว่างซึ่งมี ฟุต-แคนเดลิเมตร และลักซ์มิเตอร์

ก2. ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง

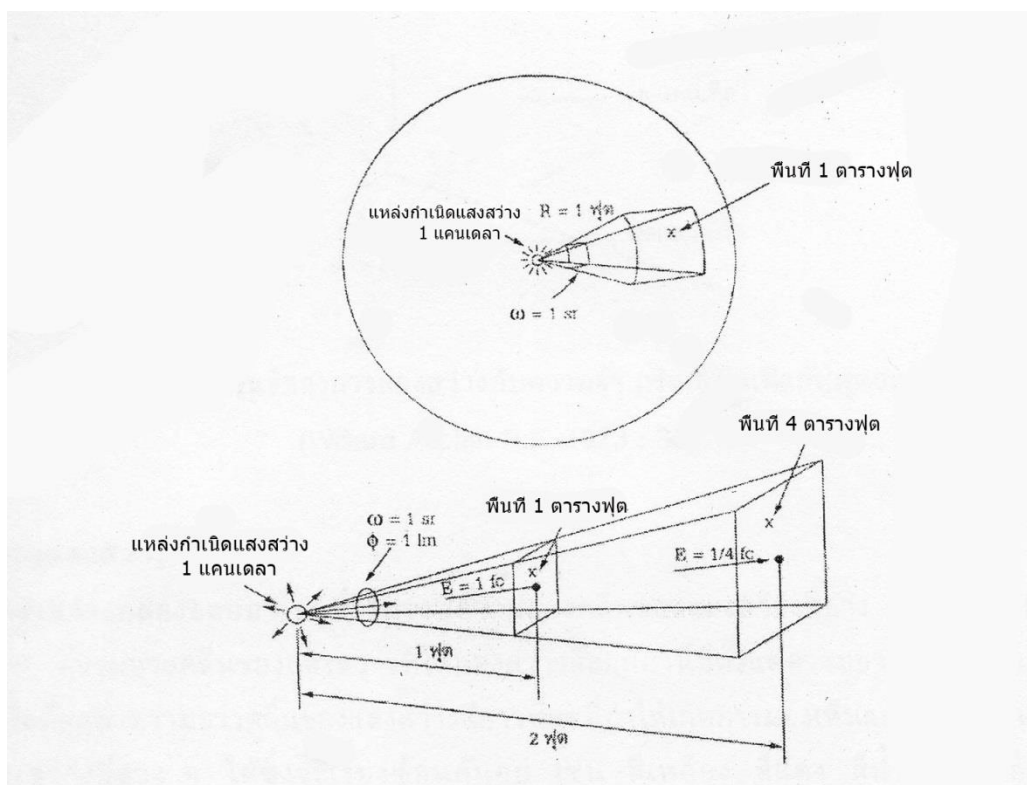
ตามธรรมชาติแล้วปริมาณแห่งการส่องสว่างจะแปรผันตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่างและแปรผกผันกับระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างถึงจุดที่ต้องการวัดแสงสว่างยกกำลังสองและเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Cd = \frac{E}{D^2} \quad (ก-1)$$

ให้ E คือ ปริมาณแห่งการส่องสว่างบนจุดที่ต้องการวัดมีหน่วยเป็น ฟุต-แคนเดิลหรือลักซ์

Cd คือ ความเข้มส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงสว่างมีหน่วยเป็นแคนเดลา

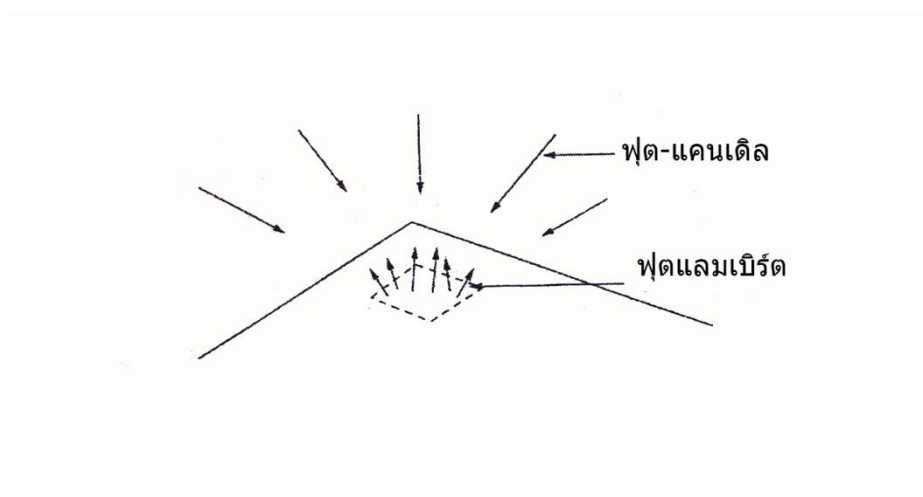
D คือ ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างถึงจุดบนพื้นที่ที่ต้องการวัดแสงสว่างมีหน่วยเป็นฟุตหรือเมตร



รูปที่ ก-3 ปริมาณแห่งการส่องสว่างหรือการส่องสว่าง ซึ่งจะลดลงเมื่อระยะทางเปลี่ยนแปลงไปโดยจะแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง

ก3. ความจ้าของแสงสว่าง

เมื่อมีการส่องสว่างออกจากแหล่งกำเนิดแสงสว่าง เมื่อแสงสว่างไปตกกระทบวัตถุแล้วจะมีการสะท้อนออกเข้าสู่ตา แสงสว่างจะสะท้อนออกมามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวัตถุที่ถูกแสงสว่างตกกระทบกับวัตถุนั้นอาจจะดูดกลืนเข้าไปในพื้นผิวทั้งหมด หรืออาจสะท้อนออกมาทั้งหมดหรือเพียงเล็กน้อย ถ้ามีการสะท้อนแสงสว่างออกมาน้อยก็อาจจะกล่าวได้ว่ามีความจ้าน้อย ซึ่งความจ้าของแสงสว่างที่สะท้อนออกจากวัตถุหรือพุ่งเข้าหาตา สามารถวัดค่าต่อหน่วยพื้นที่ของการสะท้อนแสงสว่างได้มีหน่วยเป็นฟุตแลมเบิร์ต (Foot-lambert) ซึ่งค่าฟุตแลมเบิร์ตนี้จะมีความเท่ากับปริมาณแห่งการส่องสว่างคูณกับค่าความสามารถในการสะท้อนแสงสว่างของวัตถุนั้นและค่าฟุตแลมเบิร์ตนี้เป็นค่าที่สายตาคนเราเห็นหรือที่เรียกว่า ความจ้า ไม่ใช่ความสว่างในหน่วยของ ฟุต- แคนเดิล ดังรูปที่ ก-4



รูปที่ ก-4 ความสัมพันธ์ของการส่องสว่างกับความจ้า (ฟุต-แคนเดิลกับฟุตแลมเบิร์ต)

ก4. ข้อบังคับของการออกแบบ

พื้นฐานที่จำเป็นและสำคัญในการพิจารณาถึงความพอเพียงของแสงในระบบแสงสว่างภายในนั้น จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และเรื่องระยะสายตา จำนวนของแสงหรือระดับแสงสว่างจะถูก กำหนดโดยความเข้มแสง(illuminance) ที่ปรากฏบนพื้นระนาบหรือพื้นผิวใช้งาน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าระดับ แสงสว่าง จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไข 6 ข้อ ต่อไปนี้

- ระดับแสงสว่าง
- การกระจายความส่องสว่างในทิศทางของการมองเห็น
- แสงจ้า
- โมเดลลิง (modelling)
- สี
- ความสวยงาม

ก4.1 ระดับแสงสว่าง

1.ระดับต่ำสุดสำหรับพื้นที่ทางเดิน เป็นระดับของแสงสว่างที่สามารถมองเห็นใบหน้าของบุคคล ออก โดยมีค่าความสว่างประมาณ 1cd/m^2 ความเข้มแสงในแนวระนาบประมาณ 20 lux ซึ่งจะเป็นค่า ความเข้มแสงที่ต่ำที่สุดสำหรับพื้นที่ทางเดินหรือพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้งาน

2.ระดับต่ำสุดของการทำงาน เป็นระดับของแสงสว่างที่สามารถมองเห็นใบหน้าของบุคคลออก โดยไม่ต้องเพ่งสายตามาก จะมีค่าความสว่างประมาณ $10\text{-}20\text{ cd/m}^2$ และค่าความเข้มแสงในแนวตั้งอย่าง

น้อย 100 lux ความเข้มแสงในแนวระนาบประมาณ 200 lux ซึ่งจะเป็นค่าความเข้มแสงต่ำสุดสำหรับพื้นที่ทำงานทั้งหมด

3.ระดับดีที่สุดสำหรับการทำงาน เป็นระดับของแสงสว่างที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำงาน โดยมีค่าความส่องสว่างประมาณ 100-400cd/m² และมีค่าความเข้มแสงในแนวระนาบประมาณ 2000 lux

ตารางที่ ก-1 แสดงย่านความเข้มแสงที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน

ย่านของความเข้มแสง	ความเข้มแสง (Lux)	ตัวอย่างของพื้นที่หรือกิจกรรม
แสงสว่างโดยทั่วไปสำหรับห้องหรือพื้นที่ที่ไม่บ่อย หรือนานๆ ครั้ง หรือเพียงแต่ให้มีการมองเห็นเท่านั้น	20	ความเข้มแสงต่ำสุดสำหรับพื้นที่ภายนอกบริเวณ
	30	รอบๆ
	50	สโตร์ภายนอก คอกสัตว์
	75	ทางเดินภายนอก ที่จอดรถภายใน
	100	อุ้งเรือและท่าเทียบเรือ
	150	โรงภาพยนตร์และโรงละคร โรงแรมซึ่งได้แก่ ห้องนอน ห้องอาบน้ำ พื้นที่รอบๆโรงงาน สโตร์และห้องเก็บของ
ส่องสว่างโดยทั่วไปสำหรับการส่องสว่างภายในอาคาร	200	ความเข้มแสงต่ำสุดบนผิวใช้งาน
	300	บนเครื่องจักรและบนโต๊ะขรุขระ โรงงานอุตสาหกรรมเคมีและอาหาร มีการอ่านไม่บ่อยและกิจกรรมงานไม่บ่อยนัก
	500	บนเครื่องจักร การประกอบมอเตอร์ ห้องเครื่องพิมพ์สี ออฟฟิศทั่วไป โรงฝึกงานและสโตร์
	750	ห้องเขียนแบบและออฟฟิศที่มีเครื่องใช้ในงานธุรกิจ
	1000	เครื่องจักร โรงประกอบเครื่องจักร งานสีงานเขียนแบบ
	1500	งานละเอียด การประกอบเครื่องมือ วัดละเอียด และโรงงานประกอบอุปกรณ์กลไกทางกลตัวเล็กและเป็นงานละเอียด
แสงสว่างเพื่อการมองเห็นเนื้องานละเอียด	2000	งานละเอียดทั่วไป

ก4.2 การกระจายความส่องสว่าง

สามารถอธิบายได้จากสมการ

$$\begin{aligned} \text{ค่าความเข้มแสงจะมีค่า} &= \frac{\text{ปริมาณแสงตกกระทบ}}{\text{พื้นที่}} \\ \text{ค่าความส่องสว่าง} &= \frac{\text{ความเข้มแสง} \times \text{ค่าการสะท้อน}}{\pi} \end{aligned}$$

ก4.3 แสงจ้า

ถ้าหลอดไฟ ดวงโคม หน้าต่าง หรือพื้นที่อื่นๆ มีความสว่างแตกต่างจากความสว่างของพื้นที่ที่ภายในทั่วๆไปแล้ว จะเกิดปัญหาของแสงจ้า แสงจ้ามีที่เกิดโดยตรงหรือแบบสะท้อน โดยแสงจ้าโดยตรงจะเกิดจากสาเหตุความสว่างของดวงโคมที่ปรากฏแก่ตา เมื่อการมองเห็นไปยังดวงโคมนั้น ส่วนแสงจ้าแบบสะท้อนเกิดจากการมองวัตถุที่มีการสะท้อน แสงจ้าแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ซึ่งในบางครั้งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันก็ได้ แสงจ้า 2 ชนิดนี้ ได้แก่ แสงจ้าพร่านัยน์ตา และแสงจ้าร่ายกายตา โดยแสงจ้าพร่านัยน์ตาจะทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง ส่วนแสงจ้าร่ายกายตา คือ แสงจ้าที่ทำให้เกิดความไม่สบายตา

ก4.4 สี

คุณภาพสีของหลอดไฟจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการคือ

1. สีที่ปรากฏ โดยที่แหล่งกำเนิดแสงสีขาวจะสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีที่ปรากฏออกมา ดังตาราง ก-2 สำหรับแสงสว่างที่มีคุณภาพดี จะพบว่าอุณหภูมิสีของหลอดไฟจะสัมพันธ์กับระดับความเข้มแสง พิจารณาได้

ตารางที่ ก-2 แสดงสีที่ปรากฏของหลอดไฟ

Correlated color temperature (CCT)	สีที่ปรากฏ
>5000 K	쿨 (cool)
3300-5000 K	인테리어미디엣
>3300 K	워름

2. การตอบสนองสี CIE ได้แนะนำวิธีการวัดและคุณสมบัติการตอบสนองสีของแหล่งกำเนิดแสง โดยใช้พื้นฐานของมันเชลล์ ดัชนีการตอบสนองสี (Ra) ซึ่งได้มาจากกลุ่มสีทดสอบจำนวน 8 สี ตามทฤษฎี ค่าสูงสุดของ Ra จะมีค่าเท่ากับ 100 ซึ่ง CIE จะแบ่งการตอบสนองสีเป็น 4 กลุ่ม ดังแสดงในตาราง ก-3

ตารางที่ ก-3 สีที่ปรากฏและการตอบสนองสี

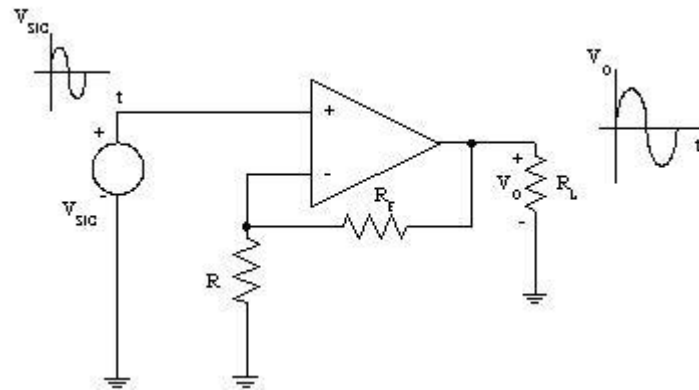
กลุ่มการตอบสนองสี	ช่วงของดัชนี การตอบสนองสี R_a	สีที่ปรากฏ	ตัวอย่างการใช้
1	$R_a \geq 85$	คุล	อุตสาหกรรมทอผ้า สี และอุตสาหกรรมเกี่ยวกับสี
		อินเตอร์มีเดียต	การแสดงของแสง ร้านค้า โรงพยาบาล
		วอร์ม	บาร์ โรงแรม ภัตตาคาร
2	$70 \leq R_a < 80$	คุล	ออฟฟิศ โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า สโตร์
		อินเตอร์มีเดียต	ออฟฟิศ โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า สโตร์ สภาวะแวดล้อมที่ถูกวิจารณ์อุตสาหกรรม(ในภูมิภาคพอสบาย)
		วอร์ม	ออฟฟิศ โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า สโตร์ สภาวะแวดล้อมที่ถูกวิจารณ์อุตสาหกรรม(ในภูมิภาคเย็น)
3	หลอดไฟที่ $R_a < 70$ แต่มีคุณสมบัติการตอบสนองสีที่ยอมรับได้และใช้สำหรับงานภายในทั่วไป		ภายในโดยการตอบสนองถือว่ามีความสำคัญน้อย
S (พิเศษ)	หลอดซึ่งมีคุณสมบัติการตอบสนองสีผิดปกติ		การใช้งานพิเศษ

ภาคผนวก ข

ข้อมูลสนับสนุนการทดลอง

ข.1 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Noninverting Amplifier)

วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส จะมีเฟสเดียวกันกับอินพุตที่เข้ามา โดยที่ขาอินพุตจะถูกป้อนเข้าทางอินพุตบวกแต่ R_F ก็ยังคงต่อเข้าทางอินพุตลบ ดังรูป



รูปที่ ข-1 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

กำหนดให้ $I_1 = \frac{V_{SIG}}{R}$ และ $I_F = \frac{V_O - V_{SIG}}{R_F}$

เมื่อ $I_N = 0$ ทำให้ $I_1 = I_F$ จะได้

$$\frac{V_{SIG}}{R} = \frac{V_O - V_{SIG}}{R_F}$$

นั่นคือ อัตราขยายสำหรับวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส คือ

$$A_V = \frac{V_O}{V_{SIG}} = 1 + \frac{R_F}{R}$$

ข.2 ชุดควบคุม

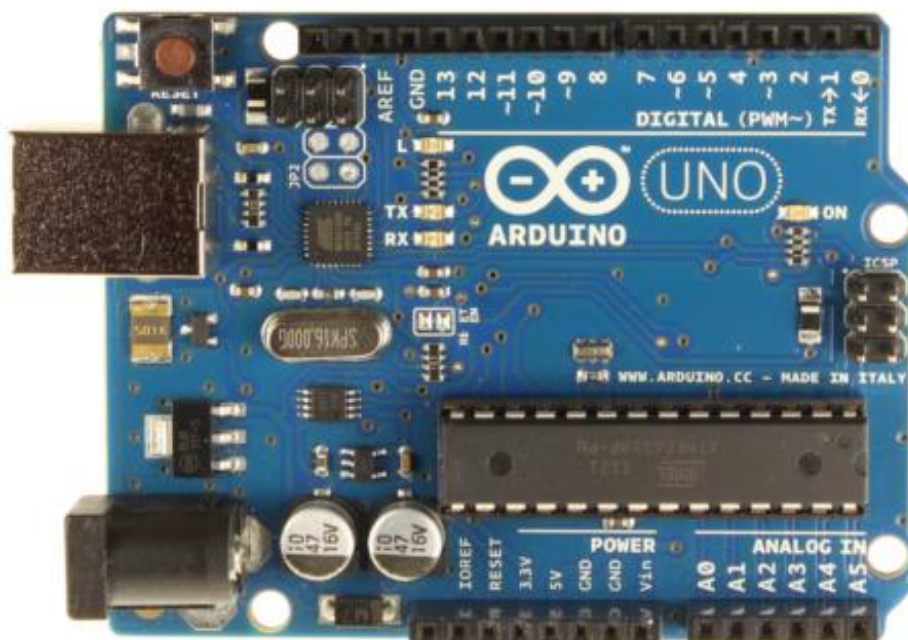
จากรูปที่ ข-2 แสดงชุดควบคุมบอร์ด Arduino Uno R3 ซึ่งมีข้อมูลสำหรับการใช้งานได้ตามตารางที่ ข-2 ซึ่งหลักๆจะมี

1. แรงดันที่ใช้ในการทำงาน 5 V
2. ดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต 14 ช่อง แบ่งเป็นช่องสำหรับ พัลส์เบรียเอม(PWM) 6 ช่อง

3. อนุาล็อกอินพุต 6 ช่อง

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลและฟังก์ชันสำหรับการใช้งาน

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz



รูปที่ ข-2 บอร์ด Arduino Uno R3

๗.3 ข้อมูลตัวตรวจจับ

คุณสมบัติของตัวตรวจจับ

ตารางที่ ๗-2 คุณสมบัติของตัวตรวจจับ

Items	Min
PCB Size	2.0cm*2.0cm
Interface	2.0mm pitch pin header
IO Structure	SIG,VCC,GND,NC
ROHS	YES

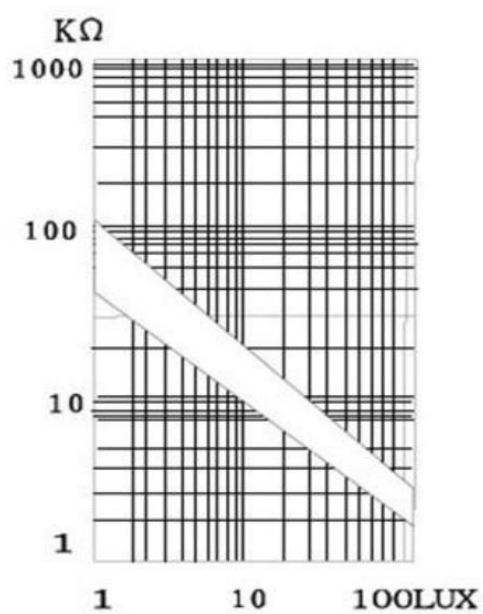
คุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ ๗-3 คุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์

Items	Conditions	Min	Type	Max	Unit
System Characteristics					
VCC	-	3	5	30	V
Supply Current	-	0.5	-	3	mA
Photoresistor Characteristics					
Light resistance	10lux	8	-	20	k Ω
Dark resistance	0lux	-	1	-	k Ω
100V10	-	-	0.6	-	-
Reponse time	Rising	-	20	-	S
	Falling	-	30	-	S
Peak Wavelength	-	-	540	-	nm
Ambient temperature	-	-30	-	+70	°C



รูปที่ ข-3 ตัวตรวจจับ (เซ็นเซอร์)



รูปที่ ข-4 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของเส้นโค้งความต้านทานของ GL5528

ข.4 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ ข-5 คุณสมบัติทั่วไป

Interface	1-10V
Rated Number of Lamps	2 piece
Rated Ballast-Lamp Power	14-35
Rated Lamptype	TL5
Application code	EII
Line Voltage	220-240V
Line Frequency	50/60 Hz
Housing	L 360x30x21
Ignition Method	Programmed Start
Lifetime 90% surv.@Tcaselife	50000 hr
Energy Efficiency Index	A1



รูปที่ ข-5 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ข.5 โปรแกรมควบคุมภาษาซี

```

PWMoutput1 = 10;           // PWM output to digital pin 10
int PWMoutput2 = 11;       // PWM output to digital pin 11
int analogPin1 = A1;       // sensor connected to analog pin 1
int analogPin2 = A2;       // sensor connected to analog pin 2
int val1 = 0;              // variable to store the read value
int val2 = 0;              // variable to store the read value
float PWMval1 = 0;         // variable to store the PWM value
float PWMval2 = 0;         // variable to store the PWM value

void setup()
{
  pinMode(PWMoutput1,OUTPUT);    // sets the pin as output
  pinMode(PWMoutput2,OUTPUT);    // sets the pin as output
  PWMval1 = 255;                 // sets the PWM value to maximum
  PWMval2 = 255;                 // sets the PWM value to maximum
}

void loop()
{
  //..... Lamp 1.....
  val1 = analogRead(analogPin1);
  if (val1 >= 10 && val1 <= 240){
    PWMval1 = PWMval1+0.25;
  }
  if (val1 > 240 && val1 < 250){
    PWMval1 = PWMval1;
  }
  if (val1 >= 250 && val1 <= 1023){
    PWMval1 = PWMval1-0.25;
  }
  if (PWMval1 >= 255){
    PWMval1 = 255;
  }
}

```

```

if (PWMval1 <= 0){
  PWMval1 = 0;
}
analogWrite(PWMOutput1,PWMval1);

//..... Lamp 2 .....
val2 = analogRead(analogPin2);
if (val2 >= 10 && val2 <= 200){
  PWMval2 = PWMval2+0.25;
}
if (val2 > 200 && val2 < 210){
  PWMval2 = PWMval2;
}
if (val2 >= 210 && val2 <= 1023){
  PWMval2 = PWMval2-0.25;
}
if (PWMval2 >= 255){
  PWMval2 = 255;
}
if (PWMval2 <= 0){
  PWMval2 = 0;
}
analogWrite(PWMOutput2,PWMval2);
delay(20);
}

```

ข.6 สาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมค่าความเข้มแสงให้อยู่ในระดับ 300 – 500 lux เมื่อปรับระดับบานเกล็ดที่ระดับ 60 75 และ 90 องศา

สาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมค่าความเข้มแสงให้อยู่ในระดับ 300 – 500 lux เมื่อปรับระดับบานเกล็ดที่ระดับ 60 75 และ 90 องศา นั้นมาจากเมื่อทำการปรับระดับบานเกล็ดที่ระดับ 60 75 และ 90 องศา ดังรูปที่ ข-6 แสงจากภายนอกตู้ทดสอบจะตกกระทบกับบานเกล็ดและบางส่วนจะสะท้อนขึ้นไปบนตู้ทดสอบ ทำให้แสงจากภายนอกไม่สามารถส่องไปถึงพื้นตู้ทดสอบเป็นผลให้ที่พื้นตู้ทดสอบมีความเข้มแสงลดลง ส่วนแสงที่สะท้อนขึ้นไปบนตู้ทดสอบจะทำให้ความสว่างของหลอดไฟลดลงเช่นกัน และสาเหตุอีกประการคือตู้ทดสอบที่สร้างมามีพื้นที่ใช้งานน้อยเกินไป



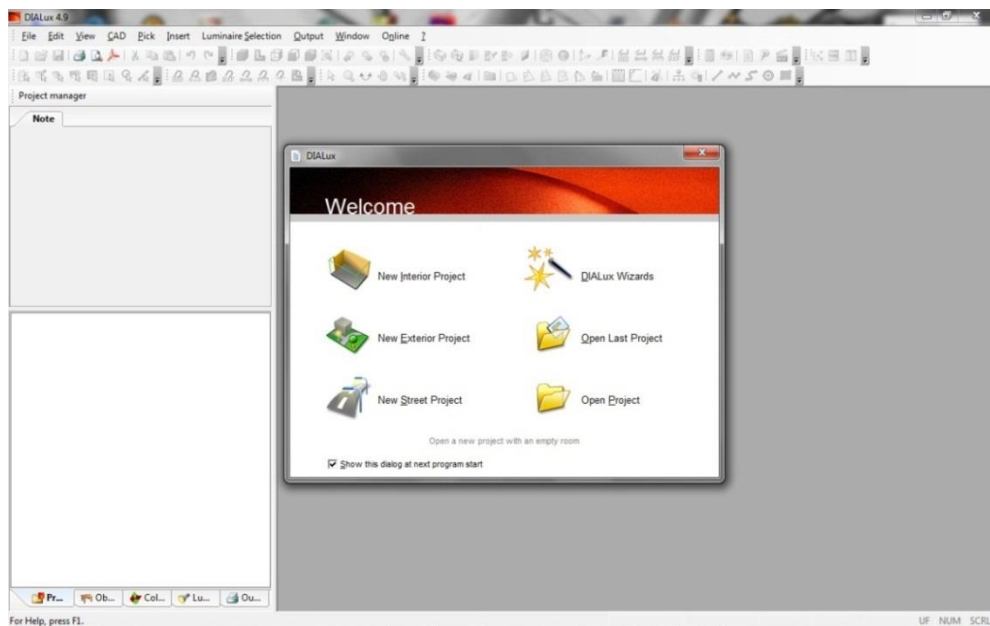
รูปที่ ข-6 ภายในตู้ทดสอบ

ภาคผนวก ค

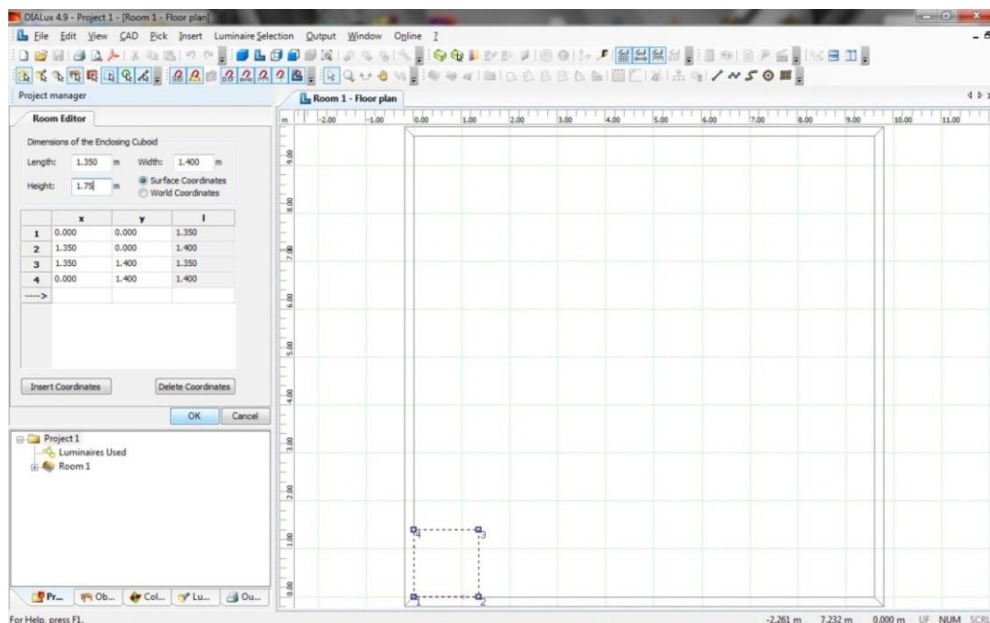
การใช้งานโปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์ DIALux

ขั้นตอนการจำลองห้องตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม DIALux

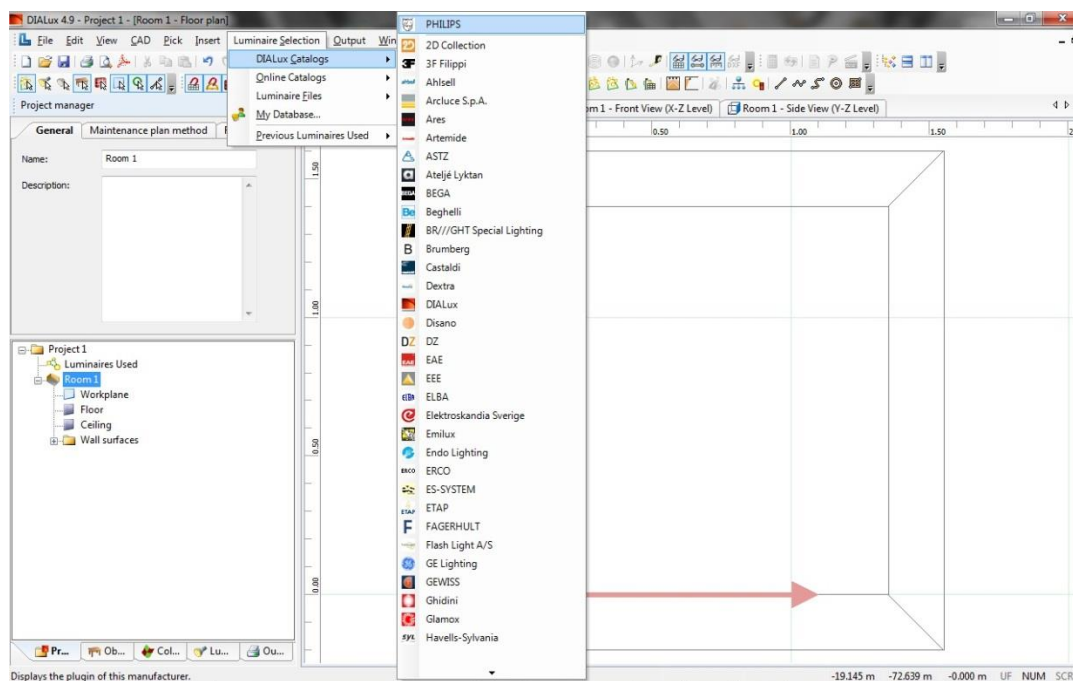
1. เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาแล้ว ให้เลือก New Interior Project



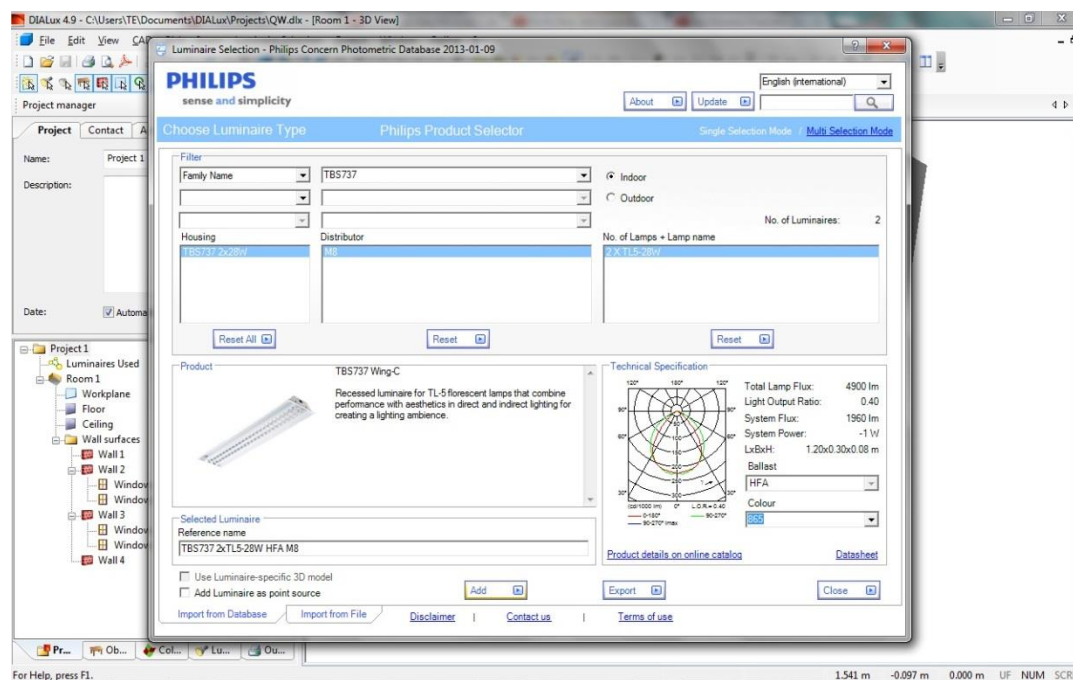
2. เลือกขนาดของตู้ทดสอบให้ได้ตามที่ต้องการ จากนั้นกดปุ่ม OK



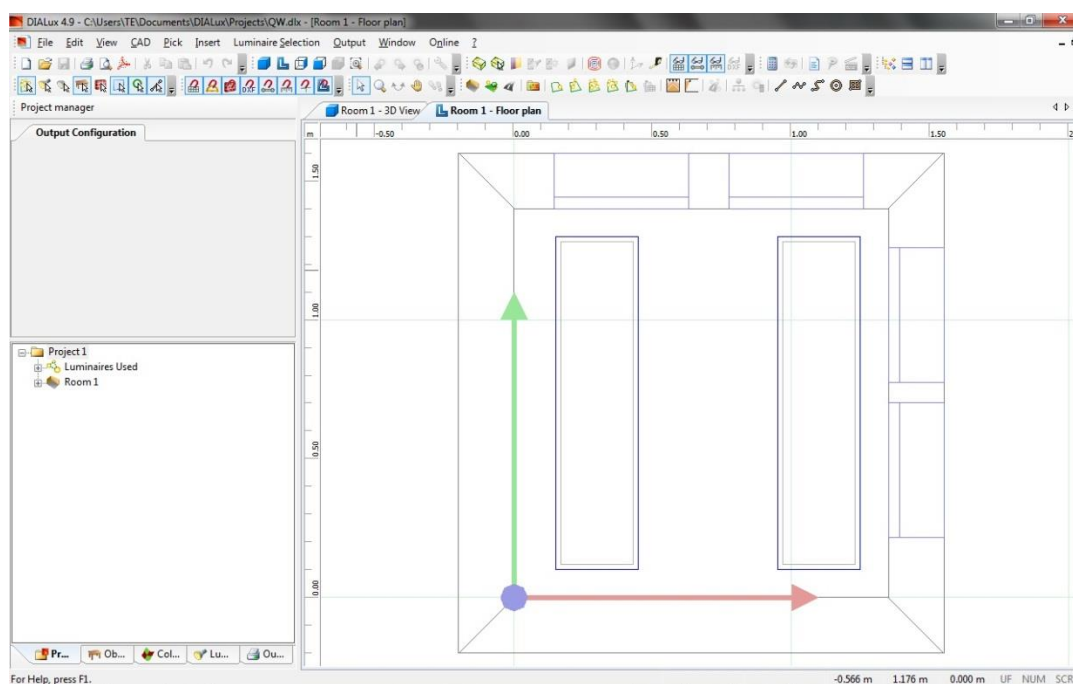
3.จากนั้นไปที่ Luminaire Selection > DIALux Catalogs > PHILIPS เพื่อทำการเลือกยี่ห้อของ
ดวงโคม



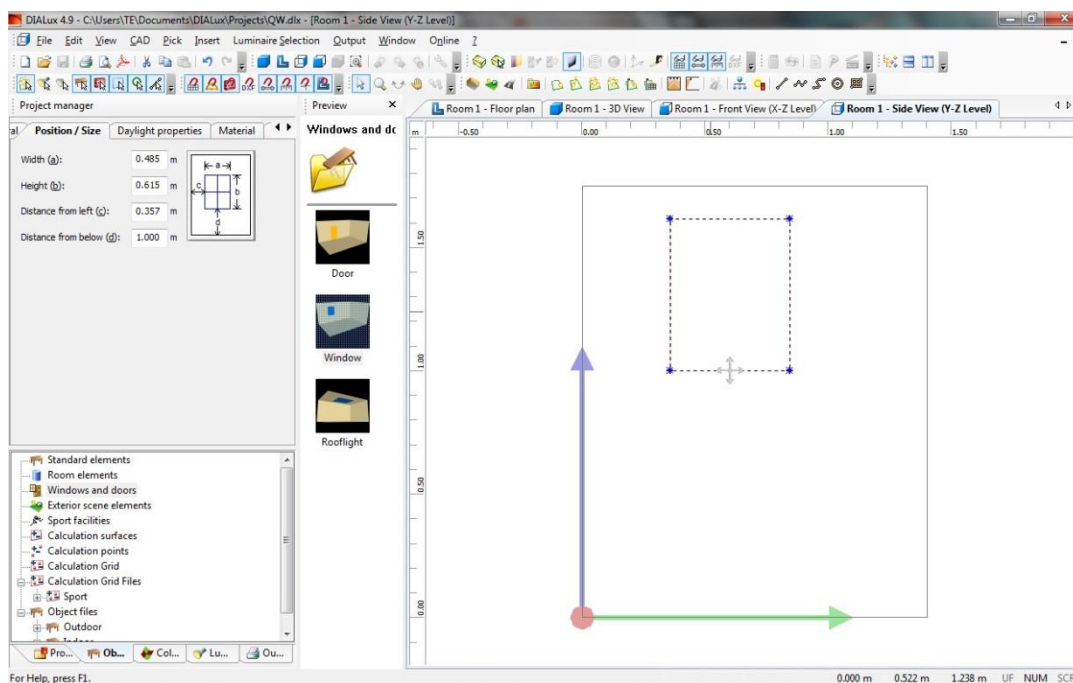
4.เลือกดวงโคมตามที่ต้องการ



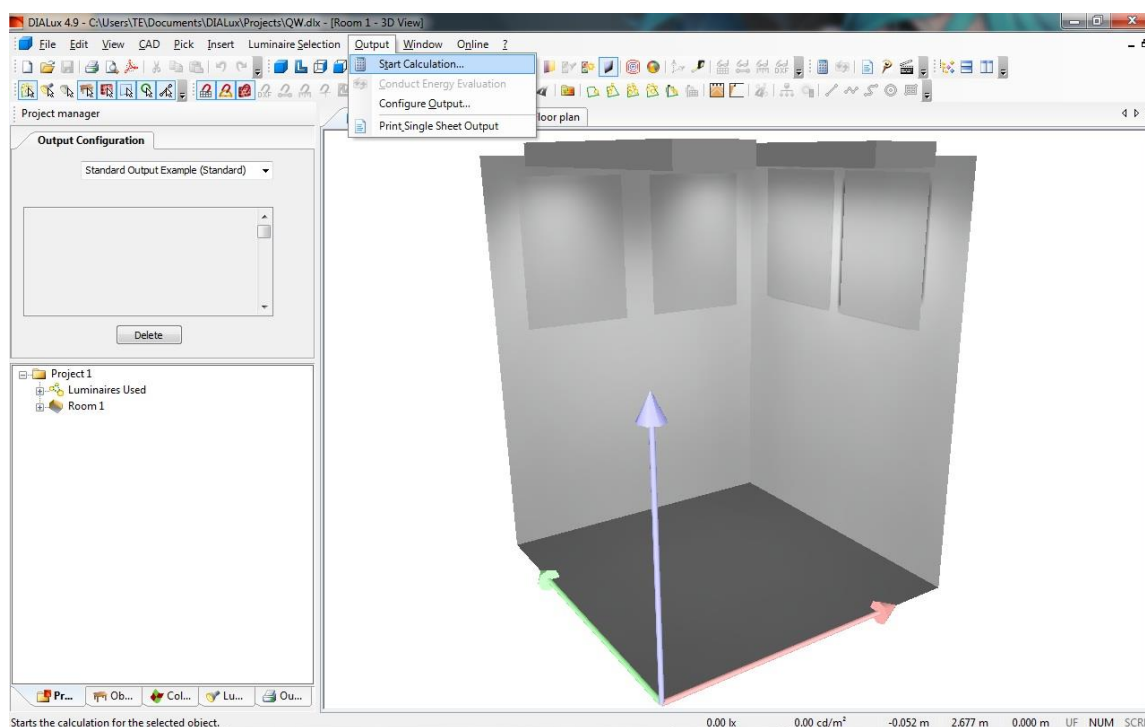
5.นำตัวโคมที่ได้จากข้อ 4 มาติดตั้ง



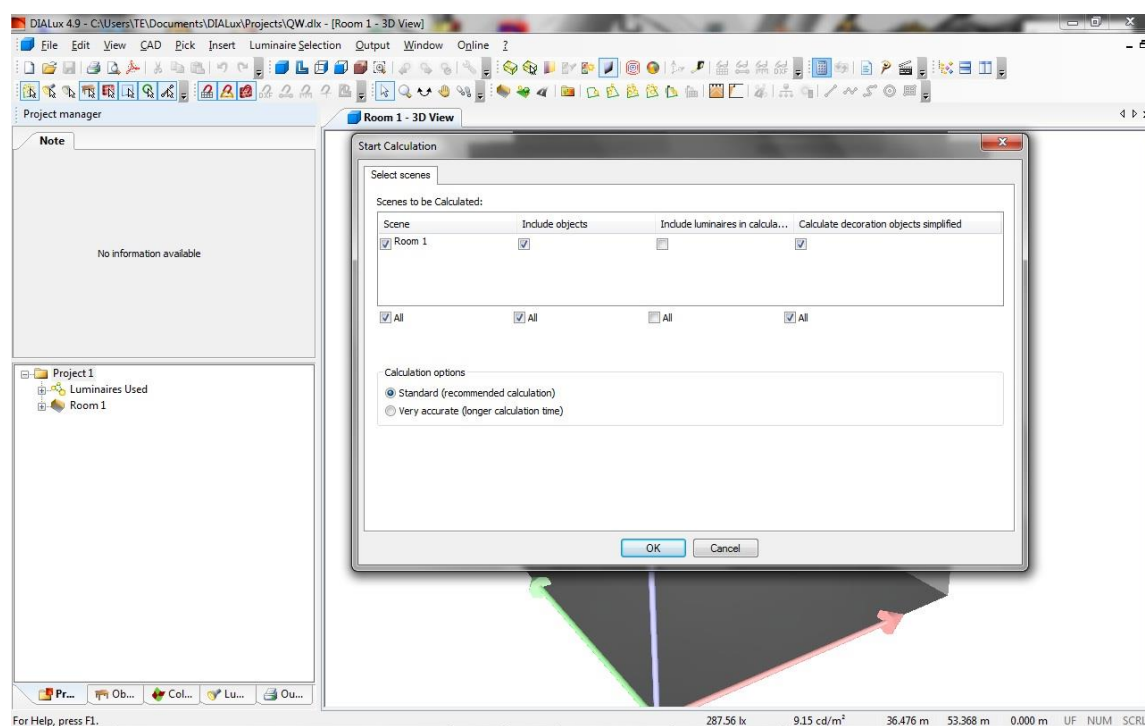
6.ตกแต่งตู้ทดสอบด้วย Object ตามต้องการ



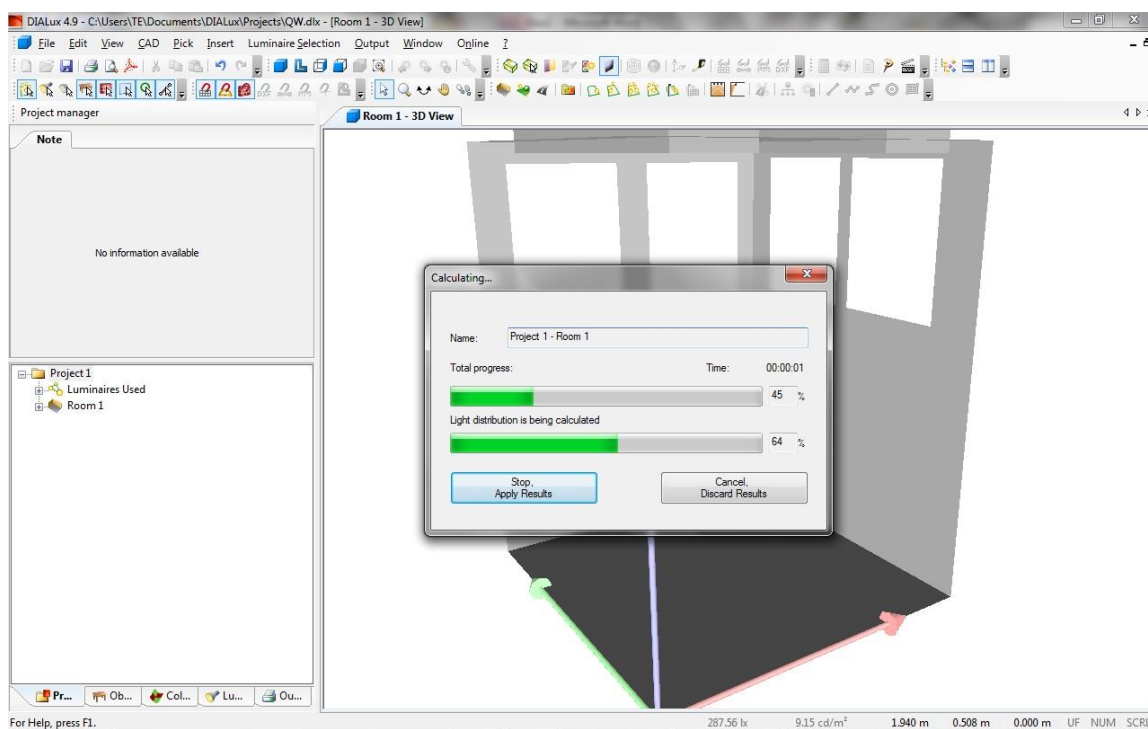
7.เมื่อต้องการจะให้โปรแกรมคำนวณผล ให้ไปที่ Output > Start Calculation



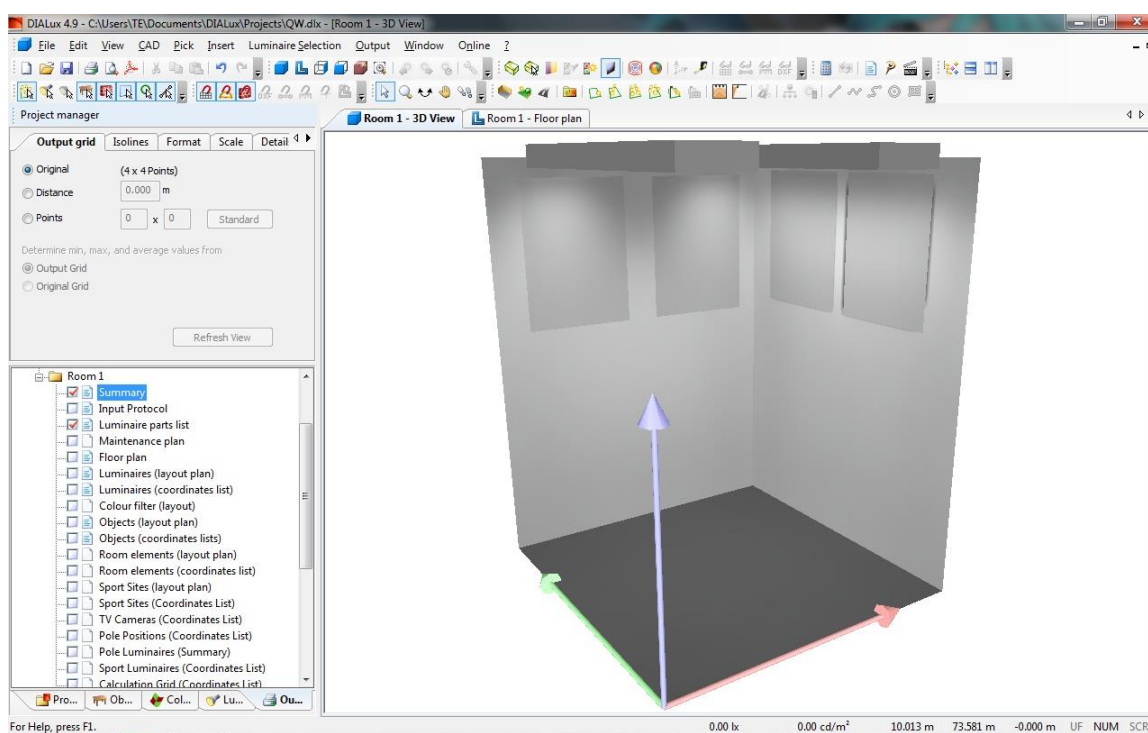
8.จากขั้นตอนที่ 8 เมื่อเลือก Start Calculation จะมีหน้าต่างขึ้นดังรูป โดยโปรแกรมจะเลือกมาให้แสดงผลอะไรบ้าง เมื่อเลือกเสร็จแล้วก็ไปที่ OK



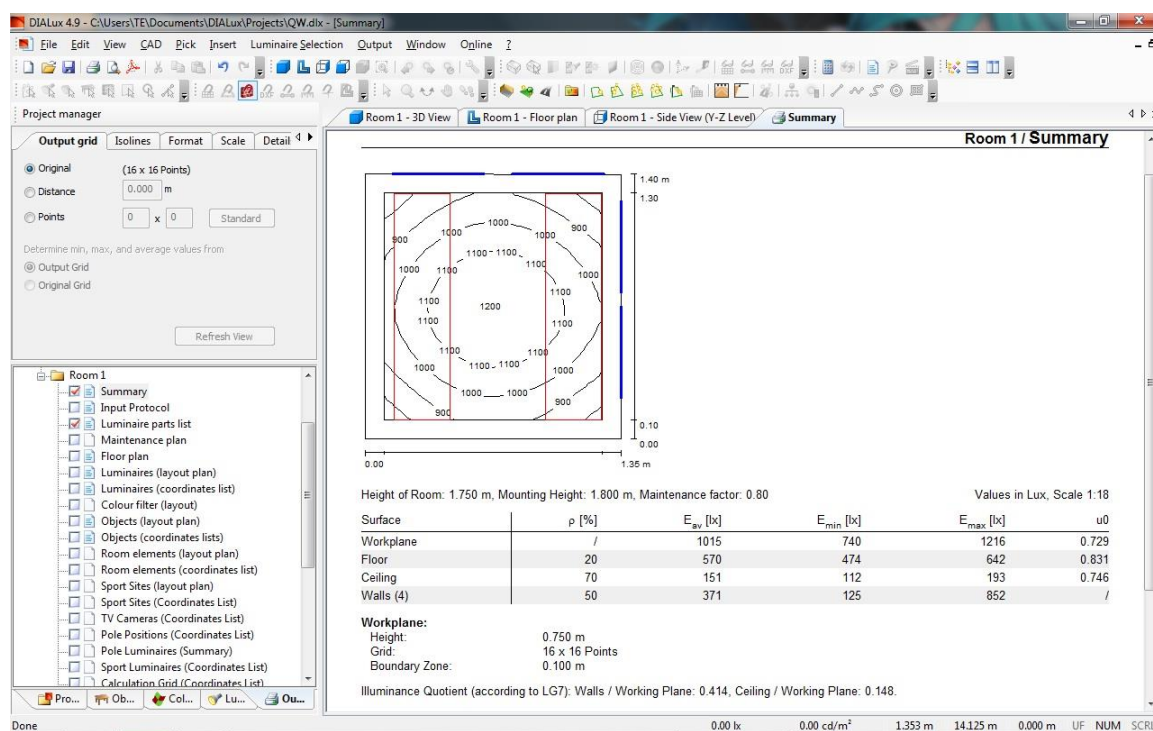
9.โปรแกรมจะทำการประมวลผลรูป



10.ไปที่แถบ Output ด้านล่าง เลือก Room1 > Summary



11.เมื่อเข้าไปใน Summary แล้วจะได้ผลการคำนวณออกมาดังรูป โดยการบันทึกผลการคำนวณที่ออกมาทำได้โดยคลิกขวาที่ผลเลือก Save ซึ่งผลที่ได้จะเป็นไฟล์ PDF



ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัวหัวหน้าโครงการ

ชื่อ (ภาษาไทย) ผศ.ดร.อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล
(ภาษาอังกฤษ) Atthapol Ngaopitakkul, Ph.D.

วัน เดือน ปีเกิด 28 สิงหาคม 2521
เพศ ชาย สถานะทางการสมรส โสด

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้ พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520 โทร 02-329-8330 โทรสาร 02-329-8330

เบอร์มือถือ 0817324318 Email kнатthap@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
ปริญญาเอก	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2550
ปริญญาโท	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2447
ปริญญาตรี	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2545

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ Power System, Power System Protection, Application of Wavelet Transform to power system protection, Artificial Neural Networks, Illumination, Energy Management

ผลงานวิจัยย้อนหลัง 3 ปีและผลงานวิจัยอื่นๆ (เช่น Proceedings หนังสือ ฯลฯ)

Journal Papers

1. P. Chiradeja, A. Ngaopitakkul, and C. Jettanasen, "Energy savings analysis and harmonics reduction for the electronic ballast of T5 fluorescent lamp in a building's lighting system," *Energy and Building*, Vol. 97, June, 2015, pp. 107-117. (ISI Impact factor 2013 = 2.465)
2. S. Bunjongjit and A. Ngaopitakkul, "Relation of influential parameters to back-flashover on the insulators in transmission tower," *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, Vol. 10, No. 2, April, 2015, pp. 244-256.
3. 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)
4. 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)
5. 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)
6. 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)

ประวัติการทำงานที่สำคัญ และ Professional Activities

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 2014 – Sep 2015	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}
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}
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}
Sep 2012 – May 2013	Advisor of Research Project “Study and analysis the effect of harmonics noise of LED lamp” {Supported by EPPO Fund, Thailand}
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 Research 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} |

ประวัติส่วนตัวผู้ร่วมคณะวิจัย

ชื่อ (ภาษาไทย) ผศ.ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน
(ภาษาอังกฤษ) Chaiyan Jettanasen, Ph.D.

วัน เดือน ปีเกิด 26 สิงหาคม 2522

เพศ ชาย สถานะทางการสมรส สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้ พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520 โทร 02-329-8330 โทรสาร 02-329-8330

เบอร์มือถือ 080-0220851 Email kjchaiya@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
ปริญญาเอก	วิศวกรรมไฟฟ้า	Ecole Centrale de Lyon, France	2551
ปริญญาตรี-โท	วิศวกรรมไฟฟ้า	Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Lyon, France	2448

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ EMI/EMC in power electronic systems, ESD in electric/electronic system, Conversion of electrical energy, Power electronics

ผลงานวิจัยย้อนหลัง 3 ปีและผลงานวิจัยอื่นๆ (เช่น Proceedings หนังสือ ฯลฯ)

Journal Papers

1. P. Chiradeja, A. Ngaopitakkul, and C. Jettanasen, "Energy savings analysis and harmonics reduction for the electronic ballast of T5 fluorescent lamp in a building's lighting system," *Energy and Building*, Vol. 97, June, 2015, pp. 107-117. (ISI Impact factor 2013 = 2.465)
2. 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)
3. 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, pp. 722 – 727.
4. 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)

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 Nuchita 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.