

## บทที่ 1

### บทนำ

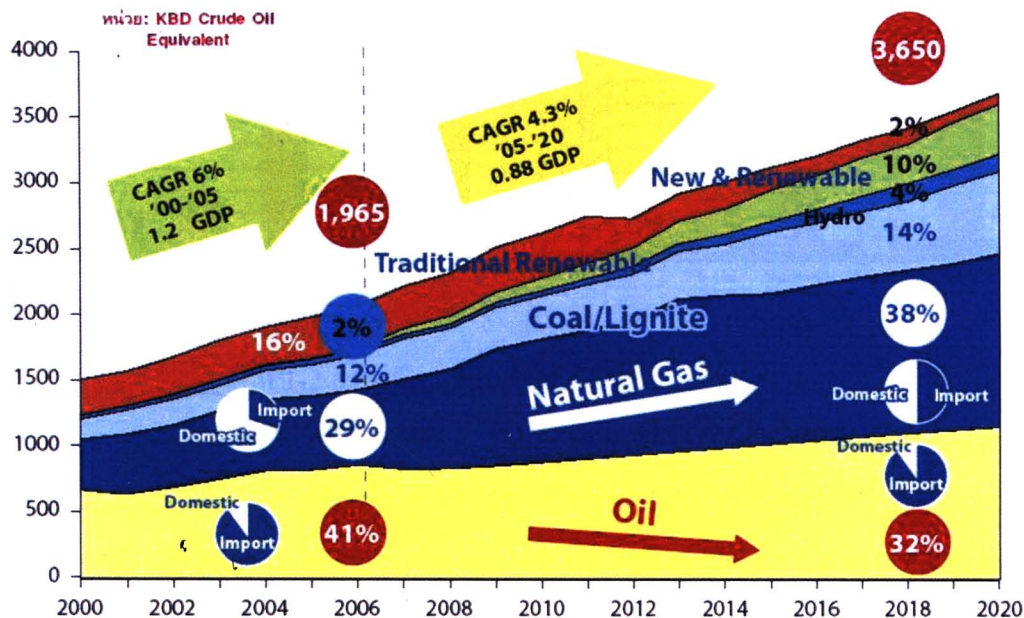
#### 1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

พลังงานเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งปริมาณการใช้พลังงานถือเป็นดัชนีหนึ่งที่ใช้กำหนดว่าประเทศนั้นๆ ถูกจัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่พัฒนาหรือไม่ สำหรับประเทศไทยนั้นพบว่ามีปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นทุกปี (รูปที่ 1-1) โดยเฉพาะปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (โดยเฉพาะน้ำมันดีเซล) ส่งผลให้ประเทศไทยมีการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี กล่าวคือความต้องการน้ำมันดีเซลเป็นปริมาณ 9,928 ล้านลิตร ในปี พ.ศ. 2533 และเพิ่มเป็น 18,273 ล้านลิตร ในปี พ.ศ. 2547 หรือเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเฉลี่ยร้อยละ 4.5 ต่อปี (<http://www.eppo.go.th>) นอกจากนี้ผลกระทบของค่าความผันผวนของราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกยังส่งผลให้ประเทศไทยต้องเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าน้ำมันจำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหา และผลกระทบที่ตามมาในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อเศรษฐกิจ, อุตสาหกรรม, เทคโนโลยี ฯลฯ และที่สำคัญผลกระทบต่อค่าครองชีพที่สูงขึ้นอย่างไม่มีทางเลือกของประชากรภายในประเทศ

ปัจจุบันหลายหน่วยงานของรัฐบาล ได้ผลักดันให้เรื่องพลังงานทดแทน และการอนุรักษ์พลังงาน เป็นหนึ่งในวาระแห่งชาติ เพื่อให้ทุกคนในประเทศได้มีส่วนร่วม และหันกลับมาให้ความสำคัญต่อการใช้พลังงานทางเลือกรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งหาแนวทางการประหยัดพลังงาน ดังนั้นใน 2-3 ปีที่ผ่านมาพบว่าการตื่นตัวอย่างมากขององค์กร และหน่วยงานต่างๆ ทั้งทางภาครัฐ ภาคเอกชน รวมถึงสถาบันการศึกษา ในการที่จะหา และ/หรือ วิจัย เกี่ยวกับการหา และการจัดการพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานทดแทน ร่วมกับแหล่งพลังงานเดิมที่มีอยู่ นอกจากนี้ยังมีการณรงค์ให้ใช้ และพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถประหยัด และ/หรือ บริโภคพลังงานให้น้อยลง จากจุดนี้อาจสรุปได้ว่า **แนวโน้มการใช้พลังงานในอนาคตคือการใช้แหล่งพลังงานทดแทนควบคู่ไปกับการใช้พลังงานอย่างประหยัด**

#### 1.2 การประหยัดพลังงานในระบบการส่องสว่าง (<http://www.9engineer.com>)

ปริมาณการใช้พลังงานเป็นปัจจัยในการตัดสินใจที่สำคัญสำหรับการออกแบบการส่องสว่างใดๆ เมื่อทราบว่าการส่องสว่างมีส่วนถึง 30% ของการใช้พลังงานในอาคารหนึ่ง จึงเป็นที่ชัดเจนว่าการออกแบบการส่องสว่างที่ดีสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการลงได้อย่างน่าทึ่ง การประหยัดพลังงานสามารถบรรลุได้ด้วยวิธีต่างๆ โดยการเปลี่ยนหลอดแบบมาตรฐานมาเป็นหลอดที่เป็นมิตรกับพลังงาน และ/หรือเปลี่ยนชุดบัลลาสต์แบบธรรมดาเป็นบัลลาสต์ความถี่สูงสำหรับระบบส่องสว่างที่มีอยู่ สามารถลดการบริโภคพลังงานไฟฟ้าได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามก็ยังมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือแหล่งกำเนิดแสงอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง (lm/W) ที่สูงขึ้น

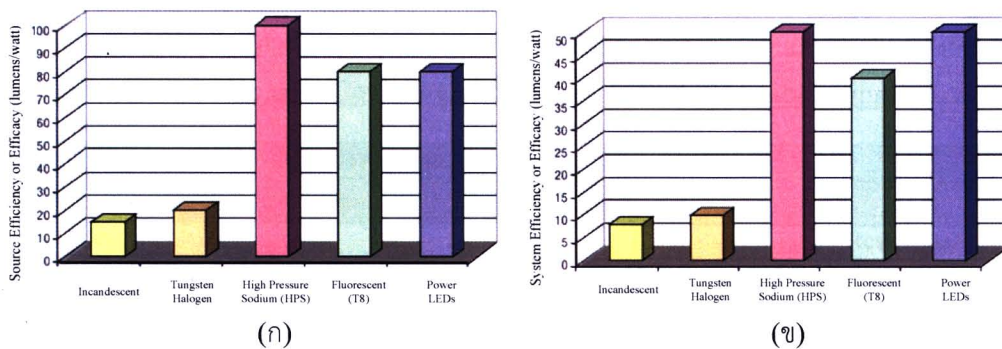


รูปที่ 1-1 แนวโน้มการใช้พลังงานลักษณะต่างๆ ในอนาคตของประเทศไทยถึงปี พ.ศ. 2563  
(จากเว็บไซต์สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน <http://www.eppo.go.th>)

### 1.3 หลอด LEDs กำลังสูงสำหรับงานส่องสว่าง

ในอดีตการประยุกต์ใช้อุปกรณ์หลอด LEDs หรือที่เรียกว่าไดโอดเปล่งแสงจะเหมาะสำหรับนำมาใช้แสดงผลบางอย่างในระบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น เช่น การแสดงผลการทำงานของวงจรไฟฟ้า ฯลฯ เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากหลอด LEDs ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ และให้ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง (lm/W) ที่ยังไม่สูงมากนัก

อย่างไรก็ดีค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างที่ได้จากหลอด LEDs ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มสูงมากขึ้นเรื่อยๆ โดยล่าสุดบริษัท Nichia (<http://www.nichia.co.jp>) ได้ประกาศเมื่อปลายปี 2549 ว่าประสบผลสำเร็จในด้านวิจัยและพัฒนา LEDs ต้นแบบที่มีค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างสูงถึง 150 lm/w ซึ่งเมื่อเทียบกับหลอดไฟแบบไส้ขดลวดซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างอยู่ที่ระดับ 15 lm/W หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ (93 lm/W สำหรับหลอดขนาด 36 W Cool white ยี่ห้อ Philips) หรือหลอดไส้ (14 lm/W สำหรับ Street Lighting ขนาด 189W 125V PS25 2WR ยี่ห้อ Philips) จะพบว่าค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด LEDs จะมีค่าสูงกว่ามาก



รูปที่ 1-2 การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง

(ก) จากแหล่งกำเนิดแสง (ข) จากระบบของแหล่งกำเนิดแสง

(จากเว็บไซต์ <http://www.future-mag.com/0706/0706270.asp>)

รูปที่ 1-2 แสดงค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดชนิดต่างๆ และค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างของทั้งระบบ ซึ่งจะพบว่าค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างที่ได้จากหลอด LEDs มีค่าต่ำกว่าหลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium) ดังแสดงในรูปที่ 1-2 (ก) แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้งระบบส่องสว่างแล้วจะพบว่าค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างที่ได้จากหลอด LEDs จะมีค่าสูงเกือบจะเท่ากับกับระบบส่องสว่างที่ได้จากหลอดโซเดียมความดันสูง ดังแสดงในรูปที่ 1-2 (ข) อย่างไรก็ตาม อายุการใช้งาน ความทนทาน และความน่าเชื่อถือ จัดได้ว่าเป็นจุดขายหนึ่งของเทคโนโลยีการส่องสว่างด้วยหลอด LEDs

โดยอายุการใช้งานของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในงานส่องสว่างเรียกว่า Lumen maintenance โดยจะคิดจากค่าความสว่าง (ลูเมน) ของแหล่งกำเนิดแสงลดลงต่ำกว่า 70% จากตอนเริ่มต้นใช้งาน ตารางที่ 1-1 แสดงอายุการใช้งานของหลอดชนิดต่างๆ โดยอายุการใช้งานทั่วไปของหลอดฟลูออเรสเซนต์อยู่ที่ 16,000 ชั่วโมง และ 50,000 ชั่วโมง สำหรับหลอด LEDs (ขึ้นอยู่กับจุดการทำงานของหลอด หรือขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสหลอด) โดยปกติค่าความสว่าง (lux หรือ  $\text{lm/m}^2$ ) ที่ได้จากหลอด LEDs จะแปรผันตรงกับปริมาณกระแสหลอด กล่าวคือถ้าปริมาณกระแสหลอดสูงก็จะสามารถทำให้หลอด LEDs เปล่งค่าฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous flux) ออกมาได้มาก ซึ่งปริมาณกระแสหลอดที่สูงก็จะส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่รอยต่อ (Junction temperature:  $T_j$ ) ของหลอด ส่งผลให้อายุการใช้งานหลอดสั้นลง ดังนั้นปริมาณกระแสที่ไม่สูงเกินไป และการระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ จะสามารถทำให้อายุการใช้งานของหลอดยาวนานมากขึ้นนั่นเอง นอกจากนี้หลอด LEDs มีความทนทานต่อการสั่นสะเทือนมากกว่า จึงเหมาะสมสำหรับใช้เป็นระบบส่องสว่างบนเครื่องบิน รถยนต์ หรือยานพาหนะต่างๆ อีกทั้งอุณหภูมิแวดล้อมไม่มีผลกระทบกับค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องอุ่นหลอดก่อนการใช้งาน และไม่ต้องรอเวลาในการจุดหลอดซ้ำ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากภายในหลอดไม่มีการบรรจุก๊าซที่เป็นพิษ



ตารางที่ 1-1: ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง (lm/w) ของหลอดไฟชนิดต่างๆ และอายุการใช้งาน (<http://electronicdesign.com/Content/UserStorage/15001/61314-table-1.jpg>)

| เทคโนโลยี    | ประสิทธิภาพการส่องสว่าง<br>(ลูเมนต์/วัตต์) | อายุการใช้งาน<br>(ชั่วโมง) | การประยุกต์ใช้งาน |
|--------------|--------------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Incandescent | 18                                         | 1,500                      | Residential       |
| Fluorescent  | 100                                        | 16,000                     | Industrial        |
| Halogen      | 29                                         | 4,000                      | Retail            |
| HID          | 90                                         | 20,000                     | Outdoor, retail   |
| LED          | 140                                        | 50,000+ *                  | Display, general  |

หมายเหตุ ขึ้นอยู่กับจุดการทำงานของหลอด

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ปัจจุบันแนวโน้มการประยุกต์ใช้หลอด LEDs เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับงานส่องสว่างตามสถานที่ต่างๆ เช่น ในห้างสรรพสินค้า ตามร้านอาหาร พิพิธภัณฑ์ ฯลฯ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ค่าฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous flux) หรืออาจจะเรียกว่ากำลังของความสว่าง (Luminous power) มีหน่วยเป็น ลูเมนซ์ (lm) ที่ได้จากหลอด LEDs จะขึ้นอยู่กับปริมาณค่ากระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวหลอด ดังนั้นการนำหลอด LEDs มาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงสำหรับงานส่องสว่างได้เต็มประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องมีวงจรที่สามารถจ่ายกระแสไฟตรงคงที่ที่มีสมรรถนะที่ดี เพื่อใช้สำหรับขับหลอด LEDs ให้ได้ค่าความสว่างที่คงที่ตามที่ต้องการ

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- ❖ เพื่อพัฒนางจรขับหลอด LEDs กำลังสูง ที่มีการต่ออนุกรมกันจำนวนมาก
- ❖ เพื่อศึกษาผลกระทบทั้งด้านบวก และลบในเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าสำหรับการลงทุนระยะยาว โดยพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นๆ เช่นความทนทาน ความเชื่อถือได้ ฯลฯ
- ❖ เพื่อพัฒนาการประหยัดพลังงานของระบบส่องสว่างนอกตัวอาคาร
- ❖ เพื่อเป็นโครงการนำร่องของการพัฒนาระบบการส่องสว่างที่ประหยัดพลังงาน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ได้เช่น ใช้กับระบบการส่องสว่างบนท้องถนน ตามสถานที่ทางไกล เป็นต้น

1.5 ขอบเขตการวิจัย

- ❖ ออกแบบ สร้าง วงจรขับหลอด LEDs ที่สามารถจ่ายค่ากระแสได้คงที่ เพื่อควบคุมคุณภาพของแสง
- ❖ ออกแบบวงจรตรวจจับกระแส เพื่อให้ได้ค่าความแม่นยำตรงในการวัดกระแสขนาดต่ำ สำหรับใช้ในการควบคุมวงจรขับหลอด LEDs ให้สามารถจ่ายกระแสได้คงที่
- ❖ ออกแบบแผ่นพิมพ์ลายวงจรที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม (Aluminum PCB) ที่สามารถติดตั้งได้ภายในตัวโคมไฟนอกตัวอาคาร โดยทำที่ประมาณ 2 ตัวอย่างของโคม

- ❖ ประกอบชิ้นส่วนต่างๆ พร้อมทำการติดตั้งเพื่อทดสอบการทำงานของระบบโดยรวม
- ❖ ตรวจสอบวัดความเข้มแสงเทียบกับระยะความสูงของตัวเสาไฟที่ใช้ติดตั้งตัวโคมอย่างเป็นระบบ และตรงตามหลักการในการออกแบบระบบส่องสว่าง เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ในการพัฒนาสำหรับประยุกต์ใช้กับโคมไฟนอกตัวอาคารในรูปแบบอื่นๆ
- ❖ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ และความสามารถในการประหยัดพลังงานอย่างเป็นระบบตรงตามหลักการวิศวกรรมไฟฟ้า
- ❖ ศึกษา และวิเคราะห์แนวโน้มด้านเศรษฐศาสตร์ ถึงความคุ้มค่าในการลงทุนระยะยาว เช่นความทนทาน (Robust) ความเชื่อถือได้ (Reliability) ฯลฯ สำหรับใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นให้แก่ผู้ประกอบการ หรือเจ้าของกิจการอาคารพาณิชย์ เช่น ตามห้างสรรพสินค้าต่างๆ ในการปรับเปลี่ยนระบบส่องสว่างภายในตัวอาคารมาเป็นหลอด LEDs
- ❖ สรุปผลการวิจัย และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้ในการเผยแพร่ความรู้

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

### ❖ ผลประโยชน์ด้านการลงทุน

- เป็นการกระตุ้นให้เห็นถึงสมรรถนะในการส่องสว่าง และความสามารถในการประหยัดพลังงานของหลอด LEDs ซึ่งจะมีผลกระทบโดยรวมต่อการนำไปใช้ของผู้บริโภค ทั้งในเชิงอุตสาหกรรม และเชิงพาณิชย์ อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นอุตสาหกรรมการผลิต LEDs ให้มีการตื่นตัวมากยิ่งขึ้น
- เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำมาใช้วิเคราะห์ และพัฒนาสำหรับประยุกต์ใช้กับโคมไฟนอกตัวอาคารในรูปแบบอื่นๆ เช่น โคมไฟบนสะพานลอย โคมไฟตามสวนสาธารณะ ฯลฯ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำมาใช้วิเคราะห์ การลงทุนของผู้ประกอบการ หรือเจ้าของกิจการอาคารพาณิชย์ในการปรับเปลี่ยนระบบส่องสว่างภายในตัวอาคารมาเป็นหลอด LEDs เช่น ห้างสรรพสินค้าต่างๆ

### ❖ ผลประโยชน์ด้านพลังงาน

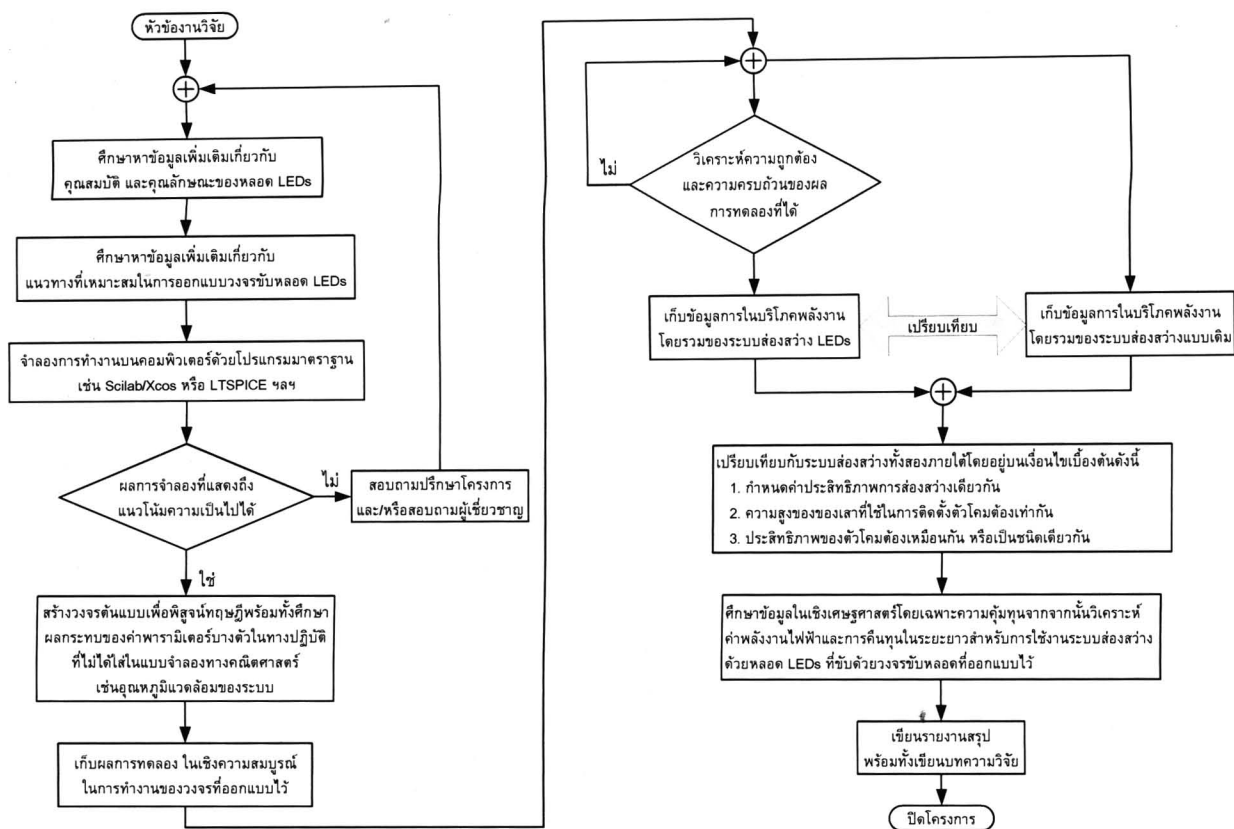
- ลดการใช้พลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- ลดภาวะโลกร้อน

### ❖ ผลประโยชน์ด้านการศึกษา เทคโนโลยี และการวิจัย

- เพื่อพัฒนาบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับเทคโนโลยีระบบส่องสว่าง
- เป็นแนวทางในการออกแบบระบบส่องสว่างด้วยหลอด LEDs ซึ่งเป็นแนวโน้มในการประหยัดพลังงานด้านการส่องสว่างในอนาคต
- เป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาระบบส่องสว่างด้วยหลอด LEDs โดยการใช้งานร่วมกับแหล่งพลังงานแบบแยกโดดอิสระ ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย

- ❖ การพัฒนา ออกแบบ และสร้างวงจรขับที่เหมาะสมกับการใช้งานร่วมกับหลอด LEDs จำนวนมาก
- ❖ การออกแบบแผ่นพิมพ์ลายวงจรที่ทำจากอลูมิเนียมโดยการออกแบบต้องคำนึงถึง
- ❖ การระบายความร้อนที่พอเพียงต่อการทำงานของหลอด โดยไม่เกิดความเสียหาย
- ❖ แผ่นพิมพ์ลายวงจรจะต้องมีโครงสร้างทางกายภาพให้สามารถติดตั้งไว้ภายในตัวโคมแบบเดิมได้
- ❖ จัดเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาประสิทธิภาพ และสมรรถนะการทำงานของระบบส่องสว่างด้วยหลอด LEDs สำหรับใช้ในการเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดแสงเดิมที่ใช้อยู่ ภายใต้เงื่อนไขโคมไฟแบบเดียวกัน
- ❖ ศึกษาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบระหว่างระบบส่องสว่างที่ได้จากหลอด LEDs และระบบส่องสว่างที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงแบบเดิม เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการลงทุนของผู้ประกอบการด้านต่างๆ



รูปที่ 1-3 แผนภาพขั้นตอนการทำวิจัยตลอดระยะเวลา 1 ปี

วิธีการดำเนิน และขั้นตอนการทำวิจัยสามารถแสดงได้โดยคร่าวๆ ด้วยแผนภาพข้างล่างซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะมีรายละเอียดปลีกย่อยเพิ่มเติม โดยเฉพาะในส่วนของการศึกษาผลการส่องสว่างที่ได้จากการใช้วงจรขับหลอด LEDs ที่ได้ออกแบบไว้ และในส่วนของการเก็บผลการทดลองการประหยัดพลังงาน ในขณะที่การวิเคราะห์ดังกล่าวยังคงพิจารณาในเรื่องของความคงทน และอายุการใช้งานของระบบส่องสว่าง ซึ่งการทดลองทั้งหมดจะทำที่บริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ทั้งนี้เนื่องจากคณะผู้วิจัยสามารถควบคุมตัวแปรที่อาจจะมีผลกระทบต่อการทดลองได้ง่าย