# วงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมสปอตไลท์

# High Power LED Driver for Spotlight

**เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์[1*] และ ยุทธนา กันทะพะเยา[1]**

Chalermpol Reaugepattanawiwat[1*] and Yutthana Kanthaphayao[1]

**บทคัดย่อ**

บทความนี้นำเสนอวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมสปอตไลท์ วิธีการที่นำเสนอประกอบด้วยวงจรแปลงผันฟลายแบคทำหน้าที่แปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง ส่วนการควบคุมใช้ไอซี LinkSwitch-PH รุ่น LNK418EGทำหน้าที่แก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าและควบคุมกระแสและแรงดันด้านเอาต์พุต เพื่อยืนยันวิธีการที่นำเสนอได้สร้างวงจรขับหลอดแอลอีดีขนาด 30 วัตต์ มีผลการทดสอบพบว่า เมื่อป้อนแรงดันอินพุตตั้งแต่ 180-240 โวลต์ กระแสด้านอินพุตมีรูปคลื่นใกล้เคียงไซน์ส่งผลให้ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสด้านอินพุตมีค่าต่ำ แรงดันและกระแสด้านเอาต์พุตคงที่ ค่าความส่องสว่าง 685 ลักซ์ ที่ระยะห่าง 1 เมตร และประสิทธิภาพของวงจรอยู่ที่ร้อยละ 90 ดังนั้นวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมสปอตไลท์ที่นำเสนอ จะเสียค่าไฟฟ้าน้อยกว่า 3.5 เท่าต่อเดือนเมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์สองหลอด

**คำสำคัญ** : วงจรขับ ,หลอดแอลอีดีกำลังสูง , สปอตไลท์, วงจรแปลงผันฟลายแบค

**Abstract**

This paper proposes a high power LED driver for spotlight. The method is consist of an AC/DC flyback converter and the control system. The LNK418EG LinkSwitch is performed to the power factor correction and to control the output voltage and current. To confirm, the proposed method is constructed by a driver to supply a 30W LED. The experimental results with the input voltage very from 180-240V show that the input current is a nearly sinusoidal, a low harmonics distortion, the tight output voltage and current, the light intensity is 685 lux at a 1m distance, and the overall efficiency is 90%.Therefore, the high power LED driver for spotlightis propose. The electricity charge per month is less than 3.5 times to compared with atwo-fluorescent.

**Keywords** : driver, high power LED , spotlight , flyback converter

## บทนำ

ในทุกวันนี้ความต้องการทางด้านเชื้อเพลิงมีปริมาณสูงขึ้นเนื่องใช้ในภาคอุตสาหกรมและการอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันจากความต้องการใช้งานของภาคส่วนต่างๆ แต่ปริมาณเชื้อเพลิงกลับมีปริมาณลดลงจึงทำให้ราคาเชื้อเพลิงปัจจุบันได้ปรับสูงขึ้นเรื่อย ๆ และส่งผลกระทบทำให้แนวโน้มอัตราค่าไฟฟ้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยพลังงานไฟฟ้านั้นถือว่าเป็นปัจจัยหลักในกิจกรรมด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะทางด้านแสงสว่างนั้นมีความจำเป็นที่ต้องใช้ทั้งกลางวัน และกลางคืน จึงทำให้ทั่วทั้งโลกกำลังพยายามพัฒนาการทางแสงสว่างให้มีความคุ้มค่าลดการใช้พลังงานลงแต่ให้มีค่าความส่องสว่างที่สูงขึ้น

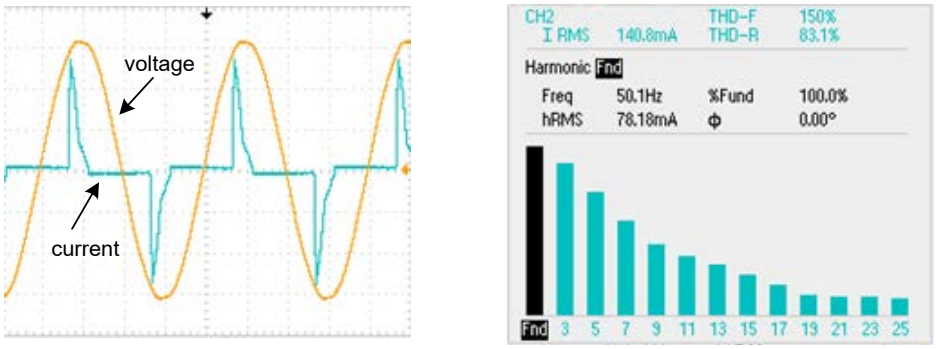
[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ตำบลสวนใหญ่อำเภอเมือง นนทบุรี 11000

[1] Faculty of Engineering and Architecture,Rajamangala University of TechnologySuvanrnabhumi, SuanYai, MueangNonthaburi District,Nonthaburi11000, Thailand

* Corresponding author. E-mail: chalermpol.r@rmutsb.ac.th

โดยปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วจะพบเห็นได้จากการนำหลอดแอลอีดี Light Emitting Diodes หรือLEDs มาประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันมากขึ้น เช่นแสงสว่างภายในตู้แช่, โคมไฟสัญญาณจราจร, ป้ายแจ้งข่าวสารสาธารณะ, ไฟหน้าและไฟท้ายรถยนต์ หรือทางด้านการเกษตร เป็นต้น เนื่องจากเป็นหลอดแอลอีดีที่ให้ค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่างที่ลูเมนต่อวัตต์ได้มากสูงกว่าหลอดไฟชนิดอื่น ๆ จึงทำให้มีแนวคิดนำหลอดแอลอีดีมาใช้ทดแทนกับหลอดต่าง ๆ หลายชนิดโดยเฉพาะหลอดแอลอีดีกำลังสูงมีความสว่างแสง 8,000ลูเมน ซึ่งเทียบได้กับหลอดไฟขนาดประมาณ 780 วัตต์ นอกจากนี้หลอดแอลอีดีก็กำลังอยู่ในช่วงการพัฒนาให้สูงไปเรื่อยๆ และข้อดีของหลอดแอลอีดีคือมีอายุการใช้งานโดยรวมนานที่สุดของหลอดไฟทั้งหมดที่มีในขณะนี้มากกว่า50,000 ชั่วโมง [1-2] ในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ อยู่ที่ประมาณ 10,000 ชั่วโมงเท่านั้นถึงแม้นว่าการนำหลอดแอลอีดีมาใช้งานจะสามารถประหยัดพลังงานได้มาก แต่จะต้องระวังค่ากระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้าที่มีมากหากอุปกรณ์เหล่านั้นไม่ได้มาตรฐานดังรูปที่ 1 โดยหากมีการติดตั้งหลอดแอลอีดีจำนวนมากเพื่อการอนุรักษ์พลังงานซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาได้นั้น ดังนั้นหากทำการปรับปรุงแก้ไขให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยและไม่สร้างผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่น ซึ่งปกติวงจรควบวบคุมหลอดแอลอีดีจะออกแบบโดยใช้วงจรบัค (Buck) วงจรบูส (Boost) หรือวงจรฟลายแบค (Flyback) ทำงานร่วมกับวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลัง เพื่อจะควบคุมกระแสไหลผ่านหลอดแอลอีดีให้คงที่ ซึ่งจมีความยุ่งยากซับซ้อน และการเลือกใช้วงจรแปลงผันแต่ละแบบก็จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป [1-2] แต่ปกติการทำงานของหลอดแอลอีดีกำลังสูงเมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะทำให้มีเกิดความร้อนขึ้น ซึ่งเป็นคุณลักษณะของความไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinearity) [1] ดังนั้นวงจรจะต้องสามารถควบคุมกระแสให้คงที่ และป้องกันแรงดันเข้ามาเกินพิกัดมากจนทำให้เกิดความร้อนที่บริเวณรอยต่อจนทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับหลอดแอลอีดีได้

ฉะนั้นในงานวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการพัฒนาวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมหลอดสปอตไลท์โดยใช้ตัวควบคุมการทำงานLinkSwitch-PH รุ่น LNK418EGทำหน้าที่ปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าทางด้านอินพุตและควบคุมกระแสและแรงดันด้านเอาต์พุตเพื่อให้วงจรมีการทำงานที่มีเสถียรภาพ และลดความยุ่งยากของการออกแบบวงจร




1) แรงดันและกระแส 2) กระแสฮาร์มอนิก

**Figure 1** ค่ากระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้า

## วิธีการศึกษา

ส่วนการออกแบบวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมสปอตไลท์โดยใช้ตัวควบคุมการทำงาน LinkSwitch-PH รุ่น LNK418EGทำงานร่วมกับวงจรฟลายแบคโดยทำหน้าที่ปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าทางด้าน

อินพุต และควบคุมกระแสและแรงดันด้านเอาต์พุต โดยการออกแบบวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงที่ขนาดไม่น้อยกว่า 30วัตต์ โดยมีขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 32-36 โวลต์ ที่ค่ากระแสไม่ต่ำกว่า 600มิลลิแอมป์ตามลักษณะคุณสมบัติของหลอดโดยแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 4 ส่วนคือ 1.ส่วนของการวงจรกรองสัญญาณรบกวน (EMI Filter) 2. ส่วนการแปลงผันไฟฟเกระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Rectifier) 3. ส่วนหม้อแปลงฟลายแบค (FlybackTransformer) และ 4. ไอซีควบคุมการทำงาน(LNK418EG)ดังรูปที่ 1

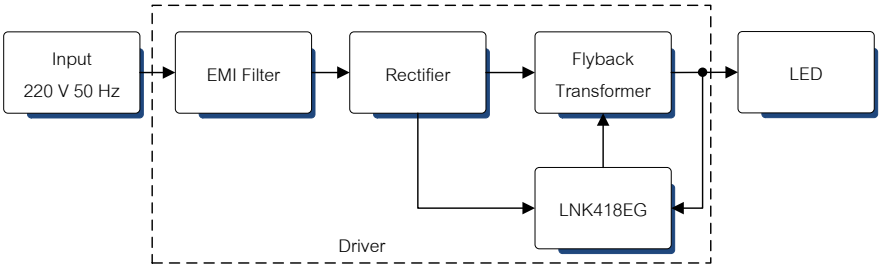



**Figure 2** บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างพื้นฐานวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมสปอตไลท์

ส่วนการสร้างวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมสปอตไลท์จากรูปที่ 2 ซึ่งเป็นบล็อคไดอะแกรมโครงสร้างพื้นฐานวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง โดยเริ่มจากการออกแบบวงจรแปลงผันฟลายแบค (Flyback Converter) เป็นวงจรที่เหมาะสมกับความต้องการกำลังต่ำและหากต้องการแยกส่วนกันระหว่างอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งจะกำหนดให้แรงดันเอาต์พุต 36 โวลต์ จ่ายกระแสโหลดที่ 600 มิลลิแอมแปร์ ใช้ความถี่สวิชชิ่ง (Switching Frequency) 66 กิโลเฮริตซ์ เมื่อวงจรทำงานที่สภาวะคงที่ค่าแรงดันเอาต์พุตหาได้จากสมการที่ 1

$$V_{out} = \frac{t_{ON} \times (N_{s(LED)} / N_p)(V_{in} - V_{sw})}{(T - t_{ON})} - V_D \quad (1)$$

เมื่อ $T$คือ คาบเวลาการทำงาน , $t_{ON}$คือช่วงเวลาสวิตช์ทำงาน, $N_p$และ$N_{s(LED)}$คือจำนวนรอบขดลวดไพรมารี่ (Primary Winding) และเซคั่นดารี่ (Secondary Winding) ของหม้อแปลงฟลายแบค, $V_{out}$คือแรงดันเอาต์พุต, $V_{in}$คือแรงดันอินพุตที่ขดลวดไพรมารี่, $V_{sw}$คือแรงดันตกคร่อมสวิตช์, $V_D$คือแรงดันตกคร่อมไดโอด

ตัวเก็บประจุเอาต์พุต $C_{out}$จะทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับโหลดใช่วงที่สวิตช์นำกระแสและจะมีกระแสไหลที่ขดลวดเซคั่นดารี่ดังนั้นตัวเก็บประจุเอาต์พุตจะต้องสามารถจ่ายกระแสได้เพียงพอกับโหลดในช่วงเวลาที่สวิตช์ทำงานดังสมการที่ 2

$$C_{out} = \frac{I_{out} \times t_{ON(\max)}}{V_{ripple}} \quad (2)$$

เมื่อ $I_{out}$คือค่ากระแสเฉลี่ยสูงสุดที่เอาต์พุต และ $V_{ripple}$คือแรงดันกระเพื่อมสูงสุดที่ยอมรับได้

ส่วนการพันขดลวดหม้อแปลงสวิตชิ่งใช้แกนเฟอร์ไลต์ชนิด EE เบอร์ PQ26/25 โดยใช้ลวด 22 และ 24 AWG ทำการพันโดยหาจำนวนรอบขดลวดไพรมารี่ จากสมการที่ 3 และจำนวนรอบขดลวดเซคั่นดารี่แอลอีดีกำหนดให้อัตราส่วนของ $N_p/N_{s(LED)}$ = 3.27 ส่วนจำนวนรอบขดลวดเซคั่นดารี่ควบคุมกำหนดให้อัตราส่วนของ $N_p/N_{s(Control)}$ = 5.54 จำนวนรอบที่ได้ดังรูปที่ 3

$$N_p = \frac{V_{in(\min)} \times t_{ON}}{\Delta B_{\max} \times A_e} \times 10^8 \quad (3)$$

เมื่อ $\Delta B_{max}$คือความหนาฟลักซ์สูงสุด และ $A_e$คือพื้นที่หน้าตัดของแกน

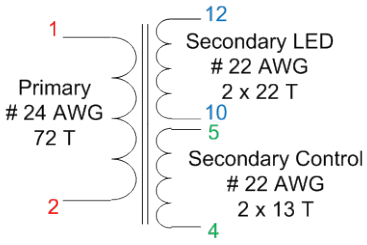



Figure 3 การพันหม้อแปลงสวิตชิ่ง

จากนั้นทำการออกแบบส่วนของพิมพ์รายวงจรวงจรจากรูปที่ 4 และทำการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 5 ที่เป็นแผงวงจรต้นแบบและเชื่อมต่อเข้าหลอดแอลอีดีกำลังสูงขนาด 30วัตต์ ที่ทำการติดตั้งบนแผงระบายความร้อน (Heatsink) เพื่อใช้ระบายความร้อนให้กับหลอดแอลอีดี เพื่อป้องกันความเสียหายขณะใช้งาน โดยในการวิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของระบบที่มีผลต่อระบบไฟฟ้าโดยมีทดสอบการทำงานของวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมสปอตไลท์ดังนี้ การทดสอบการวัดค่ากระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้าและค่าตัวประกอบกำลังทางด้านอินพุต และการทดสอบการวัดค่ากระแส และแรงดันทางด้านเอาต์พุต และการทดสอบการวัดค่าปริมาณแสงของหลอดแอลอีดีกำลังสูงที่ได้

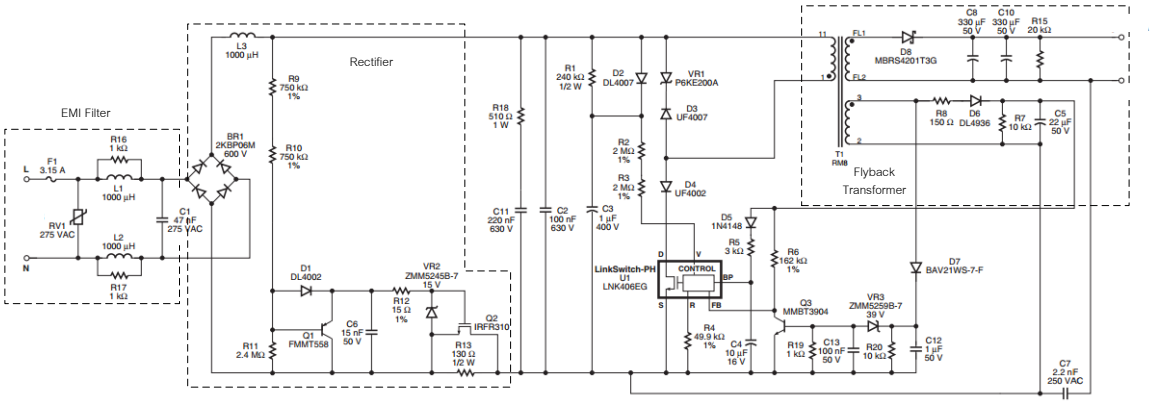



Figure 4 วงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมสปอตไลท์

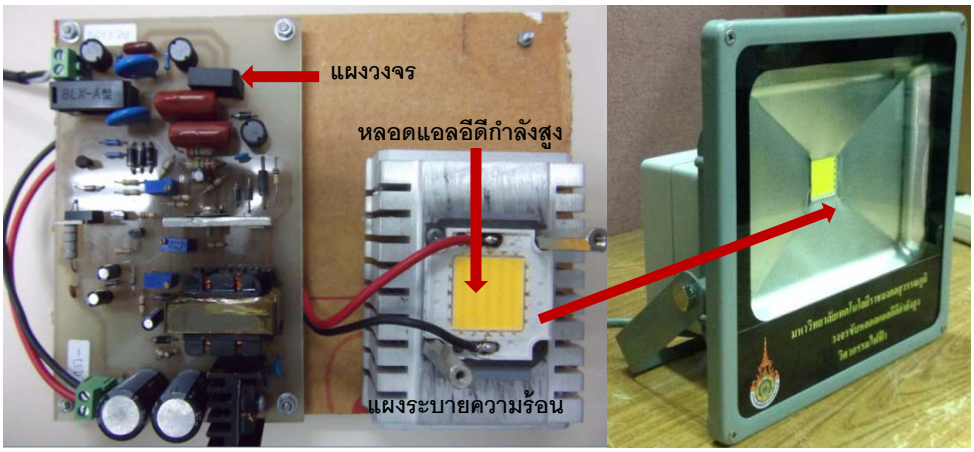


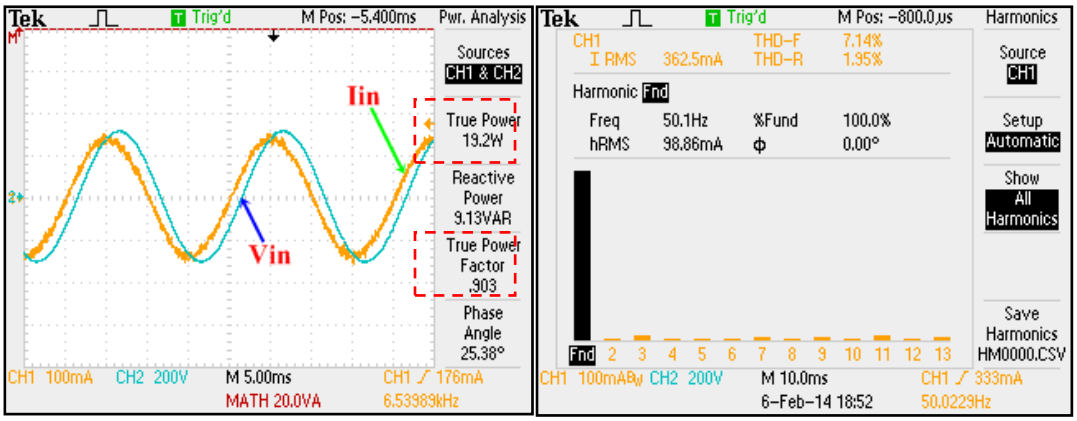

Figure 5 แผงวงจรต้นแบบและหลอดแอลอีดีกำลังสูง

**ผลการศึกษา**

ในการทดสอบการวัดสัญญาณกระแส และแรงดันทางด้านอินพุตของวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงได้ทำการวัดสัญญาณโดยใช้ออสซิลโลสโคป เพื่อวัดรูปคลื่นสัญญาณดังรูปที่ 6(1) เป็นการวัดสัญญาณค่ากำลังไฟฟ้าจริง (True power) 19.2 วัตต์ และตัวประกอบกำลัง(Power Factor)0.903 ส่วนรูปที่ 6(2) การวัดสัญญาณฮาร์มอนิกที่ได้จะมีความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency) แต่ส่วนค่าความถี่อื่น ๆ น้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นดังรูปคลื่นกระแส (Iin) ที่เป็นใกล้เคียงสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine Wave)

ในการทดสอบความสามารถในเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตของวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงโดยใช้เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้า ปรับค่าแรงดันเริ่มจาก 100 โวลต์ เพื่อเพื่อสังเกตการทำงานของวงจรที่ระดับแรงดันขณะเริ่มทำงานได้ 180 โวลต์ เมื่อวงจรทำงานได้จะทำการเพิ่มค่าแรงดันขึ้นไปเรื่อยครั้งละ10 โวลต์ จนถึง 240 โวลต์ และและทำการวัดค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 7

จากตารางที่ 1แสดงการทำงานที่แรงดันอินพุต 220 โวลต์ ให้ทำงานเป็นช่วงระยะเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อจะสังเกตถึงอุณหภูมิที่มีผลต่อการทำงานของวงจรหรือไม่ โดยระดับแรงดันทางด้านเอาต์พุตจะมีค่าค่อนข้างคงที่ประมาณ 33 โวลต์ และค่ากระแสเอาต์พุต 650 มิลลิแอมแปร์ และทำการวัดค่าความส่องสว่างที่ระยะ 1เมตร




1) แรงดันและกระแสด้านอินพุต 2)ค่าฮาร์มอนิก

Figure 6 คลื่นสัญญาณจากออสซิลโลสโคปทางด้านอินพุต

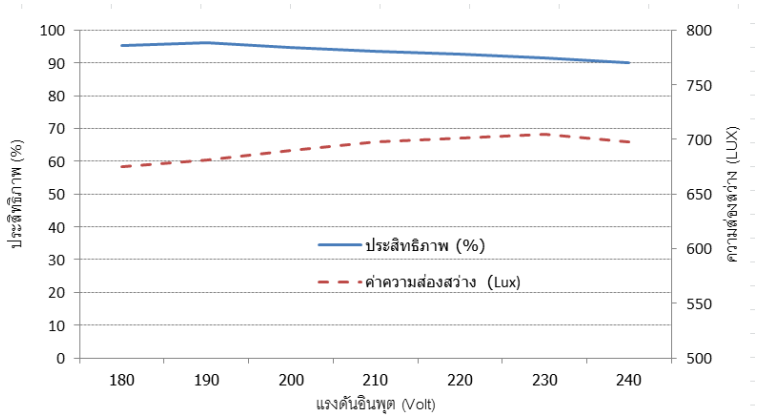



Figure 7 ทดสอบการปรับค่าแรงดันอินพุต

Table 1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุณหภูมิและความสว่าง

| เวลา (min) | แรงดันเอาต์พุต (V) | กระแสเอาต์พุต (mA) | ค่าความส่องสว่าง (Lux) | อุณหภูมิหน้าหลอด (ºC) | อุณหภูมิหลังหลอด (ºC) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 33.48 | 649 | 735 | 30.0 | 30.0 |
| 5 | 33.34 | 649 | 714 | 35.0 | 56.9 |
| 10 | 33.30 | 647 | 708 | 39.2 | 62.6 |
| 15 | 33.29 | 647 | 706 | 40.0 | 65.0 |
| 20 | 33.29 | 647 | 706 | 40.6 | 66.5 |
| 25 | 33.27 | 646 | 705 | 39.8 | 64.1 |
| 30 | 33.28 | 647 | 705 | 41.2 | 67.0 |
| 40 | 33.26 | 646 | 704 | 39.6 | 70.0 |
| 50 | 33.27 | 645 | 704 | 40.0 | 67.0 |
| 60 | 33.27 | 647 | 709 | 41.4 | 64.9 |
| 90 | 33.28 | 649 | 704 | 40.0 | 69.0 |
| 120 | 33.35 | 655 | 709 | 41.0 | 70.0 |
| 150 | 33.35 | 654 | 708 | 40.0 | 67.0 |
| 180 | 33.33 | 652 | 708 | 40.5 | 69.0 |
| 240 | 33.31 | 650 | 707 | 40.4 | 69.0 |
| ค่าเฉลี่ย | 33.31 | 648.67 | 708.06 | 39.24 | 63.85 |

## อภิปรายผล

จากข้อมูลที่ได้ของวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมสปอตไลท์สามารถทำงานได้ในช่วงการทำงานของแรงดันอินพุตที่ 180 -240 โวลต์ จะมีค่าตัวประกอบกำลัง0.903ซึ่งจะได้ค่าแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ย 33.31 โวลต์ และกระแสเอาต์พุตเฉลี่ย 648.67 มิลลิแอมแปร์ โดยมีค่าความส่องสว่างประมาณ 708.06 ลักซ์ ซึ่งมีค่าความส่องสว่างที่ไม่แตกต่างกันมากขณะที่แรงดันอินพุตเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 7และส่วนของอุณหภูมิจะมีผลต่อค่าความส่องสว่าง ดังนั้นการใช้งานในระยะเวลานานจะต้องมีตัวระบายความร้อนที่ดีเพื่อป้องกันความเสียหายของหลอดแอลอีดี และเพื่ออายุการใช้งานได้ตามคุณสมบัติของหลอด และวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงสำหรับโคมสปอตไลท์ที่นำเสนอมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยสูงกว่า ร้อยละ 90

## สรุป

การนำวงจรขับหลอดแอลอีดีสำหรับโคมสปอตไลท์เพื่อนำไปใช้งานสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดันได้ 220 โวลต์ $\pm$ 5% ที่ค่ากระแส 0.634 แอมแปร์ จะให้ได้ความส่องสว่าง 700 ลักซ์ โดยมีค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ยของวงจรมากกว่าร้อยละ 90 โดยอุณหภูมิการใช้งานปกติของตัวโคมหลอดประมาณ 64 องศาเซลเซียส

หากนำวงจรขับหลอดแอลอีดีสำหรับโคมสปอตไลท์มาใช้งานนั้นจะใช้ค่ากำลังไฟฟ้าประมาณ 24 วัตต์ต่อชั่วโมง ถ้านำมาเปรียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จะเทียบเท่ากับสองหลอดที่ค่าความส่องสว่าง

ใกล้เคียงกันซึ่งการใช้งานจริงขนาดหลอดฟูลออเรสเซนต์รวมกับบัลลาสต์จะใช้กำลังไฟฟ้ารวม 42 วัตต์ จะใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเท่ากับ 84 วัตต์ ดังนั้นหากต้องการใช้วันละ 8 ชั่วโมงเท่ากัน กำหนดอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย 5 บาท วงจรขับหลอดแอลอีดีสำหรับโคมสปอตไลท์จะเสียค่าไฟฟ้า 28.8 บาทต่อเดือน ส่วนหลอดฟูลออเรสเซนต์จะต้องเสียค่าไฟฟ้า98.4 บาทต่อเดือน จะเห็นได้ว่าต้องจ่ายค่าไฟฟ้ามากกว่า 3.5 เท่าต่อเดือน ดังนั้นจึงถือได้ว่าการนำหลอดแอลอีดีมาใช้งานด้านแสงสว่างจึงมีความคุ้มค่า

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้การสนับสนุนจาก สถาบันวิจัยและการพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณประจำปี 2557

## เอกสารอ้างอิง

1. C.-A. Cheng H.-L. Cheng F.-L. Yang C.-W. Ku,2012. Single-stage driver for supplying high-power light-emitting-diodes with universal utility-line input voltages, IET Power Electron., Vol. 5, Iss. 9, pp. 1614–1623.
2. YajieQiu, Laili Wang, Hongliang Wang, Yan-Fei Liu, and Paresh C. Sen, 2015,Bipolar Ripple Cancellation Method to AchieveSingle-Stage Electrolytic-Capacitor-Less High-Power LED Driver, IEEE JOURNAL OF EMERGING AND SELECTED TOPICS IN POWER ELECTRONICS, VOL. 3, NO. 3, SEPTEMBER page 689-713.
3. YANG Yudong and HUANGFU Liqun,2012, Design of High power LED driver power supply,Fifth International Conference on Information and Computing Science, page 99-102.
4. Pressman, Abraham I. 1998. Switching Power Supply Design. McGraw-Hill, New York.
5. Steve Winder, 2008,Power Supplies for LED Driving, Elsevier's Science & Technology Rights Department in Oxford UK.