บทที่ 4
การวัดสมรรถนะการส่องสว่าง และการวิเคราะห์เพื่อหาจุดคุ้มทุน

4.1 การวัดสมรรถนะการส่องสว่าง

จากรายละเอียดวงจรขับหลอด LEDs ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ได้ถูกนำมาสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับทดสอบวัดสมรรถนะการส่องสว่างเปรียบเทียบกับโคมไฟถนนหลังเต่ายี่ห้อ Lunar ซึ่งอุปกรณ์ภายในประกอบด้วยหลอดไอปรอทความดันสูง (High-Pressure Mercury) ขนาดกำลังไฟฟ้า 125 W บัลลาสต์ และตัวเก็บประจุ เป็นแหล่งกำเนิดแสงดังแสดงในรูปที่ 4-1 โดยทำการดัดแปลงโคมไฟถนนหลังเต่าดังกล่าว จากนั้นแทนที่แหล่งกำเนิดแสงด้วยหลอด LEDs จำนวน 72 หลอด (ชุดวงจรขับหลอดแบบที่ 2 ในบทที่ 3) ดังแสดงในรูปที่ 4-2 เพื่อให้เงื่อนไขการวัดเพื่อการเปรียบเทียบค่าการส่องสว่างทั้งระบบอยู่บนเงื่อนไขเดียวกัน

จากข้อมูลผู้ผลิตหลอดไอปรอทความดันสูงขนาด 125 W จะให้ค่าฟลักซ์ส่องสว่างอยู่ที่ประมาณ 6,800 lm ซึ่งเป็นค่าที่ใช้สำหรับกำหนดปริมาณกระแสที่ไหลผ่านหลอด LEDs เพื่อให้ผลรวมของค่าฟลักซ์ส่องสว่างที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงมีค่าเท่ากัน กล่าวคือต้องทำการควบคุมประมาณกระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านหลอด LEDs ให้มีค่าอยู่ที่ 270 mA/หลอด ซึ่งจะทำให้หลอด LEDs เปล่งค่าฟลักซ์ส่องสว่างออกมาอยู่ที่ประมาณ 94.4 lm/หลอด ดังนั้นหลอด LEDs จำนวน 72 หลอดจะให้ค่าฟลักซ์ส่องสว่างรวมอยู่ที่ประมาณ 6,800 lm ซึ่งเป็นปริมาณเท่ากันกับค่าที่ได้จากหลอดไอปรอทความดันสูง

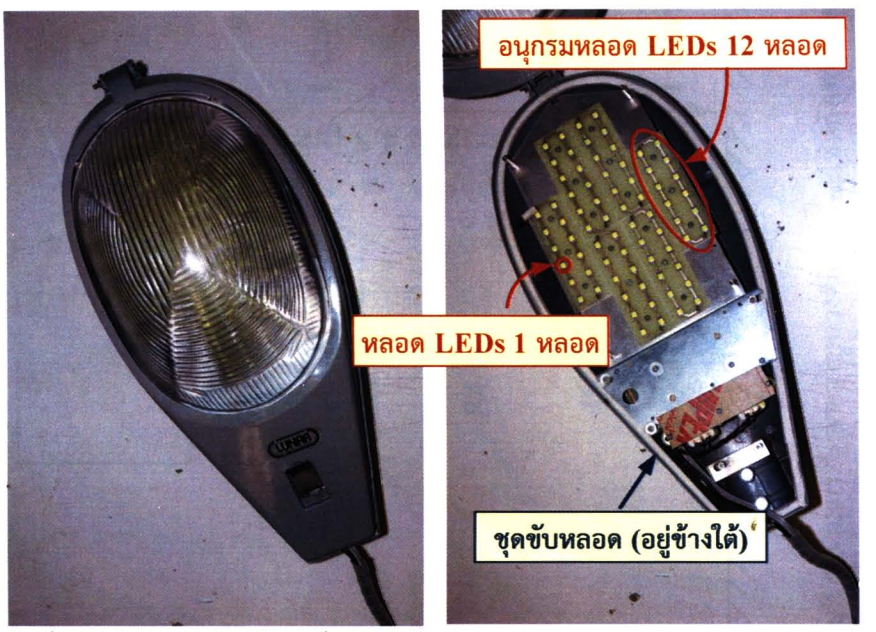
การทดสอบจะทำโดยการติดตั้งโคมไฟทั้ง 2 ที่จุดเดียวกัน ที่ระดับความสูงเท่ากัน และตำแหน่งจุดการวัดแสงเดียวกัน โดยทำการวัดทีละครั้ง รายละเอียดแสดงในรูปที่ 4-3 ซึ่งจะเห็นว่าผลของค่าความสว่าง (lm/m^2 หรือ lx) ที่ได้จากโคมอนุกรมหลอด LEDs จำนวน 72 หลอด จะมีค่าสูงกว่าค่าความสว่างที่ได้จากโคมที่ใช้หลอดไอปรอทความดันสูง ที่ทุกๆ ระยะความห่างจากแหล่งกำเนิดแสง *ทั้งนี้เนื่องจากหลอด LEDs จะมีลักษณะทางกายภาพของตัวหลอดที่ส่งผลให้มุมของลำแสงที่ออกมาจากหลอดไม่ฟุ้งกระจายเหมือนกับแสงที่ได้จากหลอดไอปรอทความดันสูง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้องมีแผ่นตัวสะท้อนแสงด้านหลังตัวหลอด* ดังแสดงในรูปที่ 4-1

รูปที่ 4-4 (ก) และ 4-4 (ข) แสดงคุณภาพของแสงที่ได้จากระบบส่องสว่างทั้ง 2 แบบ ซึ่งจะพบว่าแสงที่ได้จากหลอดอปรอทความดันสูงจะให้แสงสีเหลืองนวลมากกว่าแสงที่ได้จากหลอด LEDs

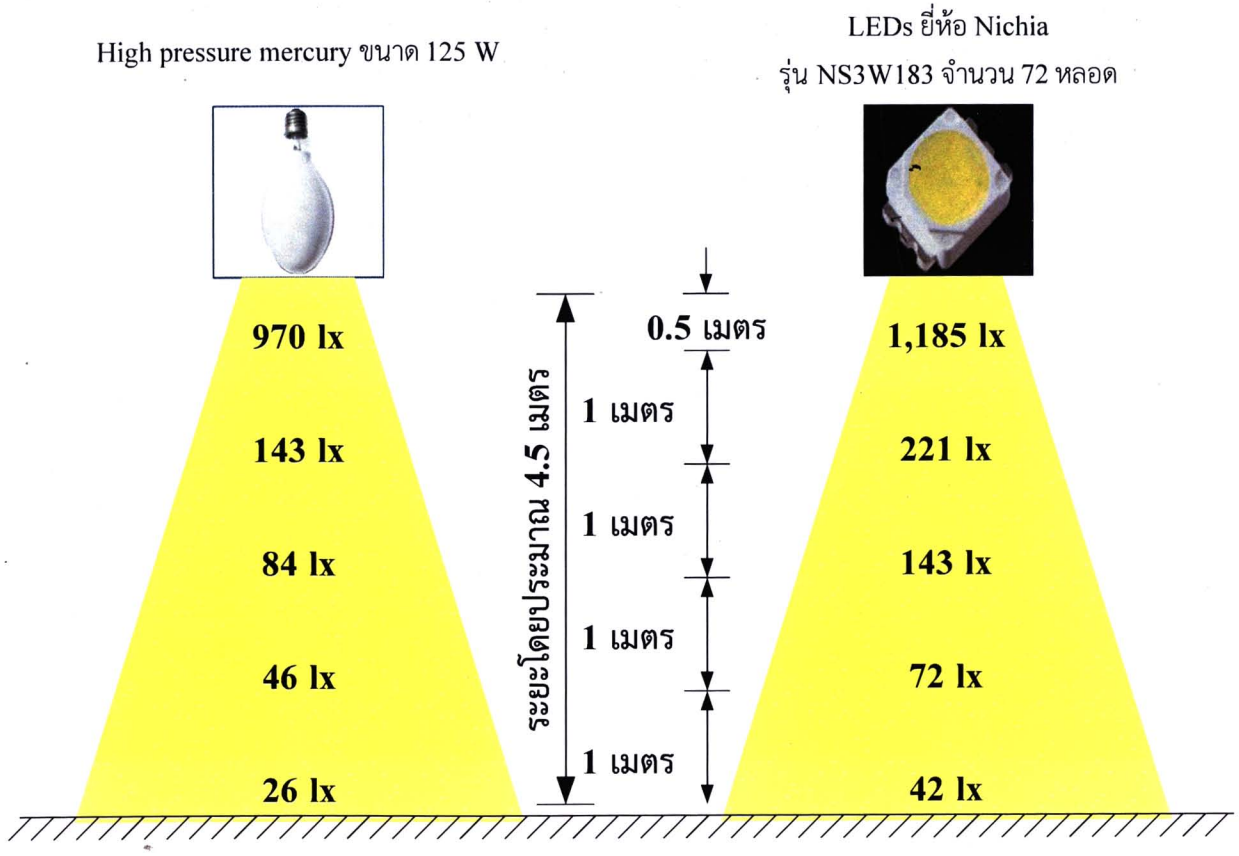
รูปที่ 4-5 เป็นผลการวัดการบริโภคกำลังไฟฟ้าทางด้านอินพุตของระบบส่องสว่างทั้ง 2 ระบบ ซึ่งจะเห็นว่ารูปคลื่นกระแสอินพุตของระบบส่องสว่างที่ใช้หลอดไอปรอทความดันสูง รูปที่ 4-5 (ก) ด้านซ้ายมือ จะให้ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสสูงกว่าระบบส่องสว่างที่ใช้หลอด LEDs ที่มีวงจรภาคหน้าเป็นวงจรฟลายแบ็ค ดังแสดงในรูปที่ รูปที่ 4-5 (ข) ด้านซ้ายมือ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่ 4-1 โคมไฟถนนหลังเต่าพร้อมชุดส่องสว่างของหลอดไอปรอทความดันสูง ขนาดกำลัง 125 W ค่าฟลักซ์ส่องสว่างอยู่ที่ 6,800 lm



รูปที่ 4-2 โคมไฟถนนหลังเต่าที่ใช้ชุดส่องสว่างด้วยหลอด LEDs จำนวน 72 หลอด (ชุดวงจรขับหลอดแบบที่ 2)



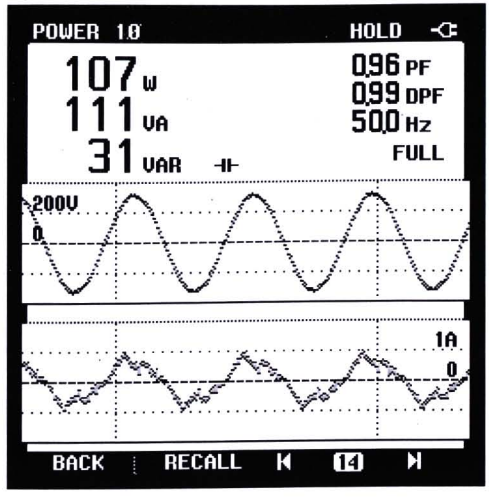
รูปที่ 4-3 ผลการวัดค่าความสว่างที่ได้จากโคมไฟหลังเต่าขนาดกำลัง 125 W และหลอด LEDs จำนวน 72 หลอด ที่ค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous flux) ของแหล่งกำเนิดแสงเท่ากันที่ 6,800 lm

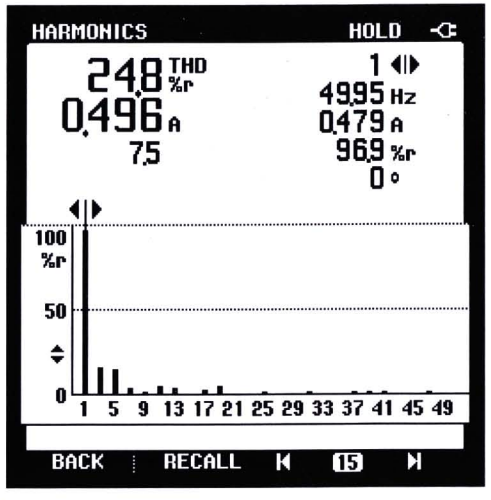
(ก) (ข)

รูปที่ 4-4 ตำแหน่งการติดตั้งโคมไฟถนนหลังเต่า เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง

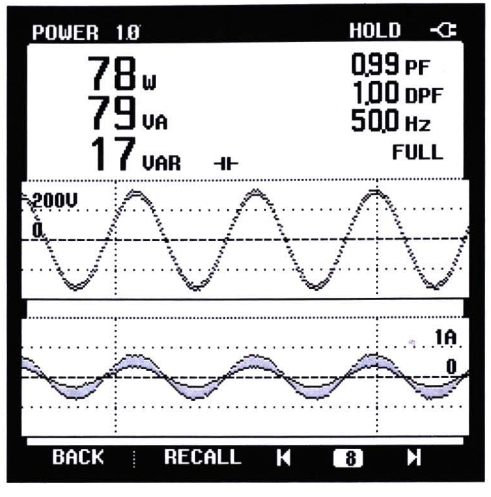
(ก) คุณภาพของแสงที่ได้จากหลอดไอปรอทความดันสูง (High pressure mercury) ซึ่งแสงที่ได้จะมีสีออกเหลืองนวล

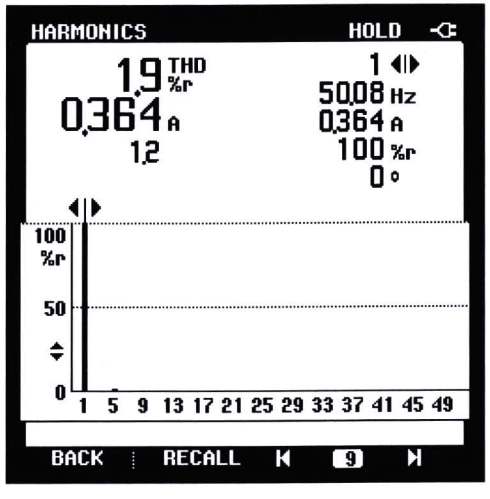
(ข) คุณภาพของแสงที่ได้จากหลอด LEDs ซึ่งแสงที่ได้จะมีสีออกเป็นสีขาวเหมือนแสงพระอาทิตย์





(ก)





(ข)

รูปที่ 4-5 แสดงผลการวัดรูปคลื่นกระแสด้านอินพุต และปริมาณฮาร์มอนิกส์ของระบบส่องสว่างทั้ง 2 ระบบ

(ก) ระบบส่องสว่างที่ใช้หลอดไอปรอทความดันสูง

(ข) ระบบส่องสว่างที่ใช้หลอด LEDs จำนวน 72 หลอด ด้วยชุดวงจรขับหลอดที่มีวงจรแปลงผันไฟสลับ-ไฟตรงฟลายแบ็คเป็นวงจรภาคหน้า

เมื่อนำรูปคลื่นกระแสด้านซ้ายมือของทั้งรูป (ก) และรูป (ข) มาวิเคราะห์เชิงความถี่จะพบว่าระบบส่องสว่างที่ใช้หลอดไอปรอทความดันสูงจะมีค่ามลภาวะทางไฟฟ้าสูงกว่าระบบส่องสว่างที่ถูกออกแบบในงานวิจัยนี้ พิจารณาจากรูปด้านขวามือของทั้งรูป (ก) และ (ข)

นอกจากนี้การบริโภคกำลังไฟฟ้าของระบบส่งสว่างที่ใช้หลอดไอปรอทความดันสูงจะมีค่าอยู่ที่ 107 W รูป (ก) ในขณะที่ระบบส่องสว่างด้วยหลอด LEDs จะบริโภคกำลังไฟฟ้าเพียง 78 W รูป (ข) ซึ่งมีค่าต่างกันถึง 29 W

4.2 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในงานวิจัยนี้ จะวิเคราะห์จากต้นทุนของราคาอุปกรณ์ ซึ่งยังมีราคาต่อชิ้นอุปกรณ์สูงอยู่ เนื่องจาก เป็นการซื้ออุปกรณ์ในปริมาณที่น้อย สำหรับการสร้างเครื่องต้นแบบในงานวิจัยนี้เท่านั้น อย่างไรก็ดีถ้าปริมาณการซื้อสั่งซื้ออุปกรณ์มีมากขึ้น เพื่อการผลิตที่มีปริมาณมากจะส่งผลให้ราคาต่อหนึ่งหน่วยอุปกรณ์ต่ำลง ผนวกกับแน้มโน้มการลดลงของราคาหลอด LEDs ที่สวนทางกับค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างที่สูงมากขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงตามลำดับเช่นกัน

การวิเคราะห์จะพิจารณาเฉพาะอุปกรณ์ที่มีโอกาสเสื่อมสภาพเท่านั้น กล่าวคือจะพิจารณาเฉพาะอุปกรณ์ที่สามารถเกิดความเสียหายได้ หรือเกิดการเสื่อมสภาพได้ตามกาลเวลา หรือการใช้งานเท่านั้น เช่นอุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงชนิดของหลอดไฟที่ใช้สำหรับเป็นแหล่งกำเนิดแสง (ไม่ได้นำส่วนของตัวโคมภายนอกมาพิจารณาร่วมในเรื่องต้นทุน) ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะเปรียบเทียบระบบส่องสว่างทั้ง 2 ระบบที่ได้แสดงรายละเอียดการเปรียบเทียบในด้านเทคนิคดังรายละเอียดข้างต้น

***ชุดส่องสว่างของหลอดไอปรอทความดันสูง* (ระยะเวลาเปรียบเทียบการใช้งานที่ 70,000 ช.ม.)**

ราคาเริ่มต้นของชุดส่องสว่างของหลอดไอปรอทความดันสูงมีราคาอยู่ที่ 360 บาท โดยมีรายละเอียดดังนี้ ราคาหลอดไอปรอทความดันสูง 90 บาท/หลอด ราคาบัลลาสต์ 230 บาท/ตัว และราคาตัวเก็บประจุ 40 บาท/ตัว ซึ่งในระยะเวลาการใช้งาน 70,000 ช.ม. นี้ ซึ่งจะต้องมีการบำรุงรักษาด้วยการเปลี่ยนหลอด (แสดงการคำนวนข้างล่าง) ดังนั้นราคารวมต้นทุนของระบบส่องสว่างนี้อยู่ที่

ราคาซื้อครั้งแรกของชุดส่องสว่างของหลอดไอปรอทความดันสูง	360	บาท
ราคาของบำรุงรักษาหลอดไอปรอทความดันสูง (เปลี่ยน 8 ครั้ง) 90×8 =	720	บาท
ราคาของบำรุงรักษาตัวเก็บประจุ (เปลี่ยนตัวเก็บประจุ 4 ครั้ง) 40×4 =	160	บาท
ประมาณราคารวมทั้งหมด**ตลอดการใช้งานเป็นเวลา 70,000 ชั่วโมง**	**1,240**	**บาท**

***ชุดระบบส่องสว่างด้วยหลอด LEDs* (ระยะเวลาเปรียบเทียบการใช้งานที่ 70,000 ช.ม.)**

ราคาเริ่มต้นชุดอุปกรณ์ของชุดวงจรขับหลอด LEDs จำนวน 72 หลอด (ในตารางที่ 3-2) ที่ใช้วงจรแปลงผันกำลังไฟสลับ-ไฟตรงฟลายแบ็คจะมีราคารวมอยู่ที่ประมาณ 757 บาท รวมกับราคาหลอด LEDs จำนวน 72 หลอดราคา 2,880 บาท (ราคา ณ ตอนที่สั่งซื้อเพื่อทำเครื่องต้นแบบ 40 บาท/หลอด ทำให้ราคารวมต้นทุนระบบส่องสว่างอยู่ที่ 2,880 + 757 = **3,637** บาท

หมายเหตุ ถ้ามีการสั่งซื้อจำนวนมากตั้งแต่ 5,000 หลอด ขึ้นไป ราคาจะอยู่ที่ประมาณ 1 USD/หลอด ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่ำลงไปอีก

ตารางที่ 4-1: ตารางค่าใช้จ่ายที่สอดคล้องกับอายุการใช้งานระบบส่องสว่างเป็นเวลาประมาณ 70,000 ช.ม. หรือที่ประมาณ 17 ปี (เปิดใช้งานเป็นเวลา 11 ช.ม./วัน) ที่อัตราค่าไฟฟ้าตามบ้านนั่นคือที่ 3.3 บาท/kWhr

	ชนิดของระบบส่องสว่าง	
รายละเอียด	**หลอดไอปรอทความดันสูง (บาท)**	**หลอด LEDs จำนวน 72 หลอด (บาท)**
ค่าไฟฟ้าทั้งหมด	$\frac{70,000 \times 107 \times 3.3}{1,000} = 24,717$	$\frac{70,000 \times 78 \times 3.3}{1,000} = 18,018$
ราคาต้นทุน	1,240	3,637 (คิดที่ราคา 40 บาท/หลอด) 2,232 (คิดที่ราคา 1 USD/หลอด หรือ 31 บาท/หลอด)
รวมค่าใช้จ่าย	25,957	21,655 (คิดที่ราคา 40 บาท/หลอด) 20,250 (คิดที่ราคา 1 USD/หลอด หรือ 31 บาท/หลอด)

การคำนวนอัตราค่าไฟฟ้าในที่นี้จะใช้อัตราไฟฟ้าตามบ้านจะใช้อัตรา 3.3 บาท/kWhr ซึ่งอัตราค่าไฟฟ้าดังกล่าวนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามรูปแบบของผู้บริโภค เนื่องจากเป็นโคมไฟส่องสว่างนอกตัวอาคาร ตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นสถานสถานประกอบการอื่น หรือตามโรงงาน ก็จะใช้อัตราการคำนวณค่าไฟฟ้าที่สูงกว่านี้ ตารางที่ 4-1 แสดงตารางค่าใช้จ่ายที่สอดคล้องกับอายุการใช้งานระบบส่องสว่างทั้ง 2 ระบบเป็นเวลา 70,000 ช.ม.

จากรายละเอียดเบื้องต้นนี้จะพบว่าราคาต้นทุนของระบบส่องสว่างด้วยหลอด LEDs จะมีราคาสูงกว่าราคาของระบบส่องสว่างด้วยหลอดไอปรอทความดันสูงประมาณ 1.8 – 2.93 เท่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนการสั่งซื้อหลอด LEDs (ราคาจะแปรผันกลับกับปริมาณการสั่งซื้อ) และราคาอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราในขณะนั้น ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคของการตัดสินใจในการลงทุนเบื้องต้นของผู้ประกอบการ อย่างไรก็ดีระยะเวลาการใช้งานที่ยาวนานกว่าของระบบส่องสว่างด้วยหลอด LEDs จะเป็นตัวชดเชยความคุ้มทุนสำหรับการลงทุนระยะยาวดังแสดงในตารางที่ 4-1

การวิเคราะห์ผลความคุ้มทุนนั้น (ระยะเวลาการพิจารณา 17 ปี) จะคำนวณระยะเวลาคืนทุนของชุดหลอด LEDs เมื่อเทียบกับชุดหลอดไอปรอทความดันสูง ด้วยการคิดพื้นฐานอย่างง่ายคือ นำผลการประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีหารด้วยค่าชุดหลอด (LEDs) ที่เพิ่มขึ้นของหลอดแบบเดิม (หลอดไอปรอทความดันสูง) ดังแสดงการคำนวนดังนี้

กรณีคิดที่ราคา 40 บาท/หลอด

อัตราการประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปี	$\frac{24,717-18,018}{17}=394.06$	บาท
ค่าชุดหลอดที่เพิ่มขึ้นของหลอดแบบเดิม	$3,637-1,240=2,397$	บาท
ระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่	$2,397\div 394.06=6.08$	ปี

กรณีคิดที่ราคา 1 USD/หลอด หรือ 31 บาท/หลอด

อัตราการประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปี	$\frac{24,717-18,018}{17}=394.06$	บาท
ค่าชุดหลอดที่เพิ่มขึ้นของหลอดแบบเดิม	$2,232-1,240=992$	บาท
ระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่	$992\div 394.06=2.52$	ปี

นอกจากนี้ช่วงเวลาความคุ้มทุนอาจจะเร็วกว่าที่คำนวนไว้ข้างต้น ถ้าพิจารณาที่ค่าความส่องสว่าง (ลักซ์) ที่ได้เท่ากันกับหลอดไอปรอทความดันสูง (พิจารณารูปที่ 4-3) ซึ่งจะส่งผลให้สามารถ

กรณีที่ 1: ลดค่ากระแสที่ไหลผ่านหลอด LEDs ลง ส่งผลให้ ***สามารถลด*** อัตราการบริโภคพลังงานของระบบลงได้อีก นอกจากนี้ระยะเวลาการใช้งานของหลอด LEDs ก็ควรจะยาวนานขึ้น (รายละเอียดทางเทคนิคกล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2-2) เนื่องจากอุณหภูมิรอยต่อของหลอด LEDs ที่ลดลง (กรณีนี้จะทำสามารถลดค่าใช้จ่ายของอัตราค่าไฟฟ้า และค่าบำรุงรักษาหลอด LEDs ของเครื่องต้นแบบในระยะยาวได้)

กรณีที่ 2: ลดจำนวนหลอด LEDs ให้น้อยลงได้ (กรณีนี้จะทำให้ต้นทุนของเครื่องต้นแบบวงจรขับหลอด LEDs ดังกล่าวนี้ลดลงอย่างมากในการลงทุนเริ่มต้น) เช่นอาจจะใช้จำนวนหลอดเพียง 65 หลอด ซึ่งจะทำให้ต้นทุนของระบบส่องสว่างลดลงเหลือเพียง 3,357 บาท (คิดที่ราคา 40 บาท/หลอด) หรือ 2,772 บาท (คิดที่ราคา 1 USD/หลอด หรือ 31 บาท/หลอด)

สรุป ภาพลักษณ์ของการลงทุนเริ่มต้นของระบบส่องสว่างด้วยหลอด LEDs ยังคงสูงอยู่ ซึ่งในความเป็นจริงตัวเลขการลงทุนเบื้องต้นนี้จะลดลงตามจำนวน หรือปริมาณการสั่งซื้อ ในขณะที่ภาพลักษณ์ในการลงทุนระยะยาวจะมีค่าต่ำกว่าระบบส่องสว่างแบบเดิม ทั้งนี้เนื่องจากอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า รวมถึงการบำรุงรักษาที่น้อยกว่า ดังนั้นการลงทุนในระบบส่องสว่างด้วยหลอด LEDs จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างมากในอนาคต และสำหรับการลงทุนระยะยาว