

การอนุรักษ์พลังงานในหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ Energy Conservation in Compact Fluorescent Lamps

ศุภชัย นาทะพันธ์

Supphachai Nathaphan

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จ.นครปฐม 73170

โทร 0-2889-2138 ต่อ 6209 โทรสาร 0-2889-2138 ต่อ 6229

E-mail egsnh@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

การเลือกใช้หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้นมาตรการส่งเสริมและสนับสนุนเพื่อสร้างแรงจูงใจให้ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายเพิ่มยอดการผลิตและยอดการนำเข้าหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงคือ การออกฉลากประสิทธิภาพสูงให้กับหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ ฉลากประสิทธิภาพสูงจะช่วยให้ผู้บริโภคเลือกซื้อหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงได้ง่าย กระบวนการในการกำหนดระดับประสิทธิภาพที่จะได้รับฉลากประสิทธิภาพสูงประกอบด้วย การจำแนกประเภทของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ การจำแนกกำลังไฟฟ้า และการกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขึ้นสูง วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือการเสนอแนวคิดในการกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขึ้นสูงให้กับหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ ผลจากการวิจัยพบว่า ค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขึ้นสูงของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์จะมีค่าต่างกันที่ กำลังไฟฟ้าบางขนาดเท่านั้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขึ้นสูงคือ อุณหภูมิสี และขนาดกำลังไฟฟ้า

Abstract

Choosing Compact Fluorescent Lamps (CFLs) which are high energy performance are one of the important factors in energy conservation. Hence, criterion or standard measure encouraging motivation for manufacturers and importers to

increase their productions and import only high energy performance CFLs is issuing high performance label attached on such CFLs. High performance label should be easily observed so that the potential customers can distinct between high and low performance CFLs. Processes in determining level of high performance are categorizing types of the CFLs, rated wattage of the CFLs, and set up high energy performance standard levels. The objective of this study is to propose a concept on setting high energy performance standard for CFLs. Results indicate that high energy performance standard levels of CFLs are different at some of the rated wattage. Two main factors that affect to determine high energy performance standard levels are composed of color temperatures and rated wattages.

1. บทนำ

ในประเทศไทยหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ได้ถูกจำแนกออกเป็นสองประเภทคือ หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัว (Self-ballasted Compact Fluorescent Lamps) และหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยว (Single-capped Compact Fluorescent Lamps) เนื่องจากหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์เป็นอุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งาน (ประมาณ 6,000 ชั่วโมง) นานกว่าอายุการใช้งานของหลอดไส้ (ประมาณ 1,000 ชั่วโมง) นั่นคือ หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดไส้ (Incandescent Lamp) [1] แต่ทว่าประเทศไทยยังมีการใช้หลอดไส้มากถึง 30 ล้านหลอด

ทั้งๆ ที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ถึง 5 เท่าเพราะร้อยละ 90 ของพลังงานไฟฟ้าถูกเปลี่ยนเป็นความร้อน ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 10 ถูกเปลี่ยนเป็นแสงสว่าง ดังนั้นการอนุรักษ์พลังงานสามารถกระทำได้ง่ายเพียงแค่ประชาชนปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้หลอดไส้เป็นหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ ในประเทศไทยหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ทั้งหมดต้องนำเข้าเพื่อจำหน่ายในประเทศจาก 12 ตราสินค้า โดยมีหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวประมาณร้อยละ 90 หรือ 13.5 ล้านหลอด และมีหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยวประมาณร้อยละ 10 [2] เนื่องจากตราสินค้ามีมากย่อมส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพพลังงานแตกต่างกัน [3] ในการศึกษาความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพพลังงานต้องจำแนกประเภทของหลอด รวมทั้งจำแนกกำลังไฟฟ้าที่มีค่าประสิทธิภาพพลังงานใกล้เคียงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกันโดยการประยุกต์หลักการออกแบบการทดลอง [4] ส่วนการกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานลงในฉลากประสิทธิภาพสูงให้กับหลอดไฟให้กับแต่ละพิกัดกำลังไฟฟ้าที่กำหนดเพื่อใช้เป็นมาตรการที่สร้างแรงจูงใจให้ผู้จำหน่ายเพิ่มยอดขายเข้า ต้องกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูง (High Energy Performance Standard: HEPS) หรือค่าประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูง ประโยชน์ของฉลากทางตรงคือการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้เกิดประสิทธิผล ส่วนประโยชน์ทางอ้อมคือการประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคเลือกซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพได้โดยการสังเกตจากฉลากประสิทธิภาพบนฉลาก [5] ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือการเสนอแนวคิดในการกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูงให้กับหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์

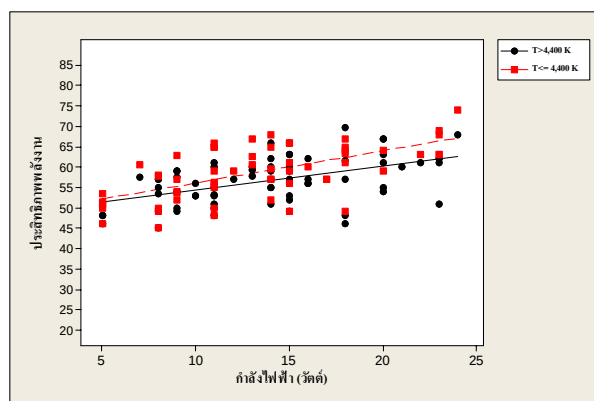
ปัจจุบันสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กำหนดเฉพาะค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นต่ำ (Minimum Energy Performance Standard: MEPS) ของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวเท่านั้นเพื่อป้องกันการนำหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวที่มีประสิทธิภาพต่ำเข้าประเทศไทยเท่านั้น MEPS เป็นเกณฑ์กำหนดด้านประสิทธิภาพพลังงานภาคบังคับ [6-7] ซึ่ง MEPS เป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริม

ประสิทธิภาพพลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า [8] ส่วนงานวิจัยนี้นำเสนอการกำหนดค่า HEPS เพื่อสนับสนุนส่งเสริมหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงโดยที่ค่า HEPS เป็นเกณฑ์กำหนดด้านประสิทธิภาพพลังงานภาคสมัครใจ

2. การศึกษาค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์

หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ที่จำหน่ายในประเทศไทยจำแนกเป็น 2 ประเภทคือ หลอดที่มีอุณหภูมิสีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4,400K (แสงวอร์มไวท์: WW) และหลอดที่มีอุณหภูมิสีมากกว่า 4,400K (แสงเดย์ไลท์: DL) ค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัว และหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยวจะทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.236-2533 และ มอก.1713-2548 ในห้องทดลองที่ใช้มาตรฐาน International Electrotechnical Commission: IEC 60969 และ IEC 60901 ตามลำดับ ฉะนั้นวิธีวัดคือ หลอดต้องผ่านการบ่ม 100 ชั่วโมงติดต่อกัน จากนั้นวัดค่าลูเมนเริ่มต้นด้วยเครื่องวัดค่าลูเมนหลอด (Integrating Sphere) ซึ่งต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 90% ของค่าลูเมนที่กำหนด [9]

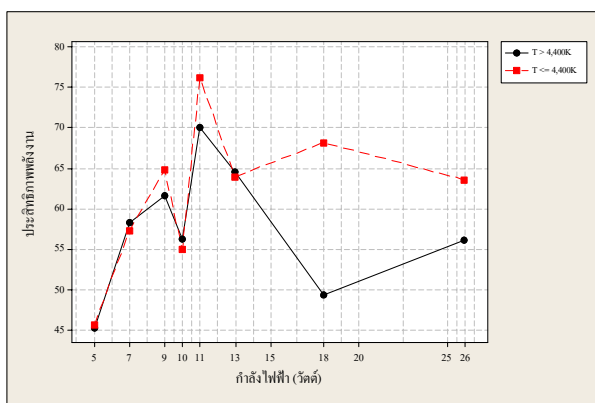
จำนวนหลอดตัวอย่าง 130 หลอดที่ใช้ในการทดสอบหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวกำหนดจากทุกตราสินค้า ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ค่าประสิทธิภาพของหลอดแบบมีบัลลาสต์ในตัว

เมื่อประยุกต์การทดสอบสมมติฐานพบว่าหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวทั้ง 2 ประเภทมีความแปรปรวนของค่าประสิทธิภาพพลังงานไม่แตกต่างกัน แต่หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวที่มีอุณหภูมิสีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4,400K มีประสิทธิภาพพลังงานสูงกว่าหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวที่มีอุณหภูมิสีมากกว่า 4,400K เมื่อกำลังไฟที่กำหนดมีค่าสูงกว่า 14W ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ดังนั้นการกำหนดค่า HEPS ต้องกำหนดค่าประสิทธิภาพขั้นสูงแตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิสีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4,400K และอุณหภูมิสีมากกว่า 4,400 K เมื่อกำลังไฟที่กำหนดมีค่าสูงกว่า 14W

เนื่องจากประเทศไทยจำแนกหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยวซึ่งมีจำหน่ายในปี พ.ศ.2550 ประมาณ 1.5 ล้านหลอด โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปร่างคือ หลอดแผลด (ร้อยละ 50) และหลอดแผลดสอง (ร้อยละ 50) โดยที่หลอดแผลดประกอบด้วย 5W, 7W, 9W และ 11W ขณะที่หลอดแผลดสองประกอบด้วย 10W, 13W, 18W และ 26W เมื่อทดสอบค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยวจากทุกตราสินค้า ผลการทดสอบค่าประสิทธิภาพพลังงานเฉลี่ยตาม มอก.แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ค่าประสิทธิภาพของหลอดแบบขั้วเดี่ยว

จากรูปที่ 2 พบว่า หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยวเฉพาะรูปร่างหลอดแผลดเท่านั้น ที่ความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้ากับประสิทธิภาพพลังงานจะแปรผันตรง

(เหมือนกับหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัว) นอกจากนั้น ภายหลังการวิเคราะห์ด้วยการทดสอบสมมติฐานยังพบว่า หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยวจะมีค่าประสิทธิภาพพลังงานของแสงเคย์ไลท์ และแสงวอร์มไวท์ไม่ต่างกันที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 5W 7W, 10W และ 13W ดังนั้น การกำหนดค่า HEPS ของแต่ละกำลังไฟฟ้า 5W, 7W, 10W และ 13W จะกำหนดเป็นค่าเดียวกันระหว่างหลอดเคย์ไลท์และหลอดวอร์มไวท์

3. การจำแนกกำลังไฟฟ้า

การจำแนกกำลังไฟฟ้าของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจำแนกตามมาตรฐานของ ELI (Efficient Lighting Initiative) ของประเทศออสเตรเลียเป็นหลัก เนื่องจากการจำแนกกำลังไฟฟ้าละเอียดกว่ามาตรฐานอื่น ส่วนมาตรฐานอื่นที่มีการจำแนกกำลังไฟฟ้าประกอบด้วย มาตรฐาน CECP (China Certification Center for Energy Conservation Products) ของประเทศจีน และ ENERGY STAR ของประเทศสหรัฐอเมริกา มาตรฐานของ ELI [10] จำแนกกำลังไฟฟ้าของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวเป็นช่วง โดยจำแนกเป็น 5W ถึง 8W, 9W ถึง 14W, 15W ถึง 24W และ 25W ถึง 60W แต่เนื่องจากประเทศไทยแทบจะไม่มีจำหน่ายหลอดที่มีพิสัยกำลังไฟฟ้า 25W ถึง 60W ดังนั้นประเทศไทยจะจำแนกกำลังไฟฟ้าเป็นพิสัยเพียง 3 กลุ่มของกำลังไฟฟ้าตามมาตรฐานของ ELI เท่านั้น ขณะที่กำลังไฟฟ้าของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยวจะไม่ได้จำแนกเป็นช่วงเพราะไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (พิจารณาในรูปที่ 2) นอกจากนั้นยังไม่มีประเทศใดกำหนดค่า HEPS ให้กับหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยว

3.1 ค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดแบบมีบัลลาสต์ในตัว

หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวเมื่อทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ช่วงของกำลังไฟฟ้าต่างกันจะมีค่าประสิทธิภาพพลังงานเฉลี่ยแตกต่างกันด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น แสงเคย์ไลท์และ

แสงวอร์มไวท์ของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวต้องกำหนดค่าประสิทธิภาพให้ต่างกันทุกช่วงของกำลังไฟฟ้า ค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวสามารถกำหนดอักษรรหัส (Code Letters) ค่าประสิทธิภาพพลังงานได้ดังตารางที่ 1 โดยที่อักษรรหัสนี้กำหนดด้วยอักษรภาษาอังกฤษ

ตารางที่ 1 อักษรรหัสค่าประสิทธิภาพพลังงานสำหรับหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัว

กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	แสงวอร์มไวท์	แสงเคย์ไลท์
5-8	A	A
9-14	B	B
15-24	C	D

3.2 ค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดแบบขั้วเดียว

หลอดแผลดและหลอดแผลดสอง เมื่อทดสอบสมมติฐานว่ากำลังไฟฟ้าต่างกันจะมีค่าประสิทธิภาพพลังงานต่างกันหรือไม่ ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า กำลังไฟฟ้าต่างกันจะมีค่าประสิทธิภาพพลังงานเฉลี่ยต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น แสงเคย์ไลท์และแสงวอร์มไวท์ของหลอดแผลดต้องกำหนดค่าประสิทธิภาพให้ต่างกันทุกขนาดของกำลังไฟฟ้า ดังนั้นอักษรรหัสค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดแผลดสามารถกำหนดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อักษรรหัสค่าประสิทธิภาพพลังงานสำหรับหลอดแผลด

กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	แสงวอร์มไวท์	แสงเคย์ไลท์
5	A	A
7	B	B
9	C	D
11	E	F

ส่วนหลอดแผลดสอง แสงเคย์ไลท์ต้องกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานให้เท่ากันที่กำลังไฟฟ้า 10W กับ 26W และ 13W กับ 18W ขณะที่แสงวอร์มไวท์ต้องกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานให้เท่ากันเฉพาะกำลังไฟฟ้า 13W กับ 26W ดังนั้นอักษรรหัสค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดแผลดสองสามารถกำหนดได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อักษรรหัสค่าประสิทธิภาพพลังงานสำหรับหลอดแผลดสอง

กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	แสงวอร์มไวท์	แสงเคย์ไลท์
10	A	A
13	B	B
18	C	B
26	B	A

4. การกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูง
ค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูง (High Energy Performance Standard: HEPS) เป็นค่าประสิทธิภาพพลังงานที่กำหนดอัตราส่วนของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ของกำลังไฟฟ้า ณ ระดับต่างๆ ที่มีสิทธิได้รับฉลากประสิทธิภาพสูงกับไม่มีสิทธิได้รับฉลากประสิทธิภาพสูง เนื่องจากภาครัฐต้องการส่งเสริมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง ดังนั้น ค่าประสิทธิภาพสูงจึงต้องกำหนดให้มีค่าสูงกว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ทดสอบ แต่ฉลากประสิทธิภาพสูงที่ต้องการส่งเสริมให้เกิดขึ้นกำหนดที่ประมาณร้อยละ 25-35 ของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์เพื่อให้ผู้จำหน่ายหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์มากกว่าหนึ่งตราสินค้าได้รับฉลากประสิทธิภาพสูง

ผลจากการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวจำนวน 130 หลอด และหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดียวจำนวน 225 หลอดแสดงดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัว (lumen/Watt)

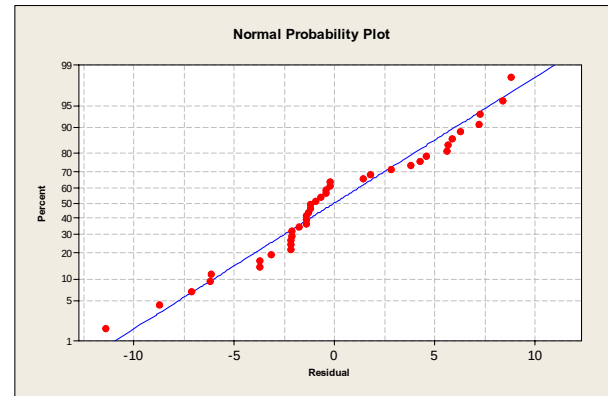
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	$\bar{x}$	SD
ตั้งแต่ 5 ถึง 8	45	61	51.58	4.79
ตั้งแต่ 9 ถึง 14	48	68	57.50	5.31
ตั้งแต่ 15 ถึง 24 (DL)	46	70	59.14	6.12
ตั้งแต่ 15 ถึง 24 (WW)	49	74	62.47	5.98

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขั้วเดี่ยว (lumen/Watt)

กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	$\bar{x}$	SD
5	30	50	45.53	3.52
7	52	61	57.78	1.96
9 (DL)	60	64	61.62	1.03
9 (WW)	60	68	64.78	1.89
10	33	60	55.66	4.56
11 (DL)	67	72	70.08	1.39
11 (WW)	72	78	76.14	1.45
13	60	67	64.28	1.32
18 (DL)	59	70	64.33	3.30
18 (WW)	63	72	68.18	2.51
26 (DL)	53	58	56.16	1.32
26 (WW)	59	67	63.59	1.95

การกำหนดค่า HEPS ต้องกำหนดตามรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล จากผลการทดสอบค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์พบว่าข้อมูลทั้งหมดมีการแจกแจงปกติ ตัวอย่างการตรวจสอบรูปแบบการแจกแจงค่าประสิทธิภาพของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวว่ามีการแจกแจงปกติหรือไม่ (เนื่องจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนต้องวิเคราะห์ภายใต้สมมติฐานที่ว่า

ผลการทดสอบมีการแจกแจงปกติ) พิจารณาได้ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟการแจกแจงปกติ

เมื่อวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงปกติด้วยการพล็อตความน่าจะเป็นพบว่า ค่าประสิทธิภาพพลังงานมีการแจกแจงปกติเพราะจุดเรียงตัวเป็นเส้นตรง ดังนั้นค่า HEPS กำหนดได้ด้วยสมการที่ 1

$$HEPS = \mu + Z_{\alpha/2} \cdot \sigma \quad (1)$$

โดยที่

μ แทน ค่าประสิทธิภาพพลังงานเฉลี่ย

$Z_{\alpha/2}$ แทน ค่าปกติมาตรฐานที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha/2$

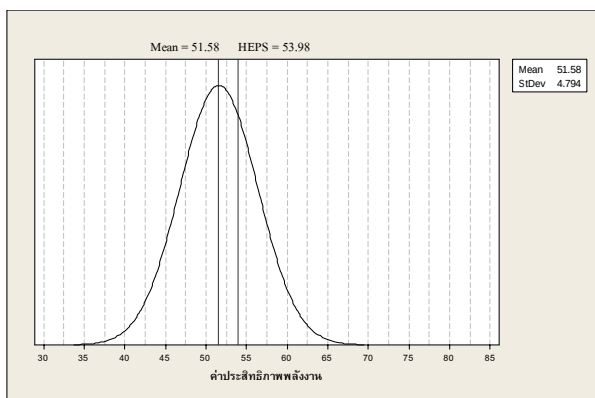
σ แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประสิทธิภาพ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปกติมาตรฐานและร้อยละของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ที่กำหนดแล้วจะได้ฉลากประสิทธิภาพสูงควรกำหนดให้จำนวนผู้รับฉลากประสิทธิภาพสูงลดลงประมาณร้อยละ 50 ของทุก 5 ปีถัดไปที่ภาครัฐจะมีการปรับค่า HEPS ของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ให้มีความสูงขึ้น เพื่อให้ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายให้ความสำคัญต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพหลอดไฟของตนให้ทันต่อการปรับค่าประสิทธิภาพพลังงานของประเทศไทยพิจารณาได้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ที่จะได้ฉลากประสิทธิภาพสูง

จำนวนเท่าของ σ	% หลอดที่ได้ฉลาก
0.5σ	30.85
1σ	15.87
1.5σ	6.68
2σ	2.28
2.5σ	0.62
3σ	0.13

จากเงื่อนไขในการกำหนดค่า HEPS ข้างต้น ควรกำหนดค่า HEPS โดยการนำค่าเฉลี่ยบวกด้วย 0.5σ ในปี พ.ศ. 2552 ซึ่งจะทำให้หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ที่วางจำหน่ายได้รับฉลากประสิทธิภาพสูงประมาณร้อยละ 30 และควรกำหนด HEPS โดยการนำค่าเฉลี่ยบวกด้วย 1σ ในอีก 5 ปีถัดไปจึงจะมีหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ที่ได้รับฉลากประสิทธิภาพสูงประมาณร้อยละ 15 (ในกรณีที่ผู้ผลิตไม่ปรับปรุงคุณภาพของหลอดไฟ) ตัวอย่างการกำหนดค่า HEPS ของหลอดมีบัลลาสต์ในตัวขนาด 5W ถึง 8W ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 51.58 Lm/W และค่า HEPS ที่ระดับ 0.5σ จะมีค่าเท่ากับ 53.98 Lm/W ดังแสดงในรูปที่ 4 แต่ถ้าค่า HEPS ที่ระดับ 1σ จะมีค่าเท่ากับ 56.37 Lm/W



รูปที่ 4 ค่า HEPS ของหลอดมีบัลลาสต์ในตัวขนาด 5W ถึง 8W

จากตารางที่ 1 และสมการที่ 1 สามารถสรุปค่า HEPS ของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวให้กับแต่ละช่วงของกำลังไฟฟ้าได้ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่า HEPS ของหลอดมีบัลลาสต์ในตัว (lumen/Watt)

กำลังไฟฟ้าที่กำหนด (วัตต์)	สัดส่วนการจำหน่าย (%)	วอร์มไวท์	เดย์ไลท์
5 ถึง 8	36.5	53.98	53.98
9 ถึง 14	39.0	60.16	60.16
15 ถึง 24	24.5	65.46	62.20

ในการทำงานเดียวกันจากตารางที่ 2-3 และสมการที่ 1 สามารถสรุปค่า HEPS ของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดียวให้กับกำลังไฟฟ้าได้ดังแสดงในตารางที่ 8

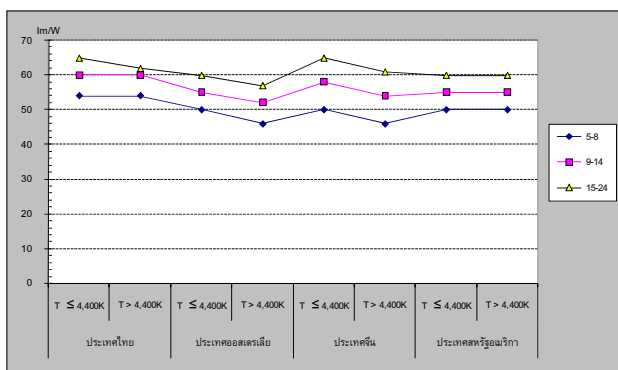
ตารางที่ 8 ค่า HEPS ของหลอดขั้วเดียว (lumen/Watt)

กำลังไฟฟ้าที่กำหนด (วัตต์)	สัดส่วนการจำหน่าย (%)	วอร์มไวท์	เดย์ไลท์
5	1.25	47.29	47.29
7	11.75	58.76	58.76
9	18.00	65.73	62.13
10	2.00	57.71	57.71
11	19.00	76.87	70.77
13	14.50	65.17	65.17
18	16.00	69.44	65.17
26	17.50	65.17	57.71

ค่าในตารางที่ 7 และตารางที่ 8 ได้จากผลสรุปที่ว่า ค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูงต้องกำหนดค่าประสิทธิภาพขั้นสูงตามอักษรรหัสค่าประสิทธิภาพพลังงาน

ในการเปรียบเทียบค่า HEPS ของประเทศไทยกับมาตรฐานของประเทศอื่นจะเปรียบเทียบได้เฉพาะหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวเท่านั้น เนื่องจากมาตรฐานของต่างประเทศยังไม่กำหนดค่า HEPS ให้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยว

ผลการเปรียบเทียบค่า HEPS ที่กำหนดในหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ในตัวของประเทศไทยกับประเทศออสเตรเลีย, ประเทศจีน และประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า ค่า HEPS ของประเทศไทยสูงกว่าโดยเฉลี่ยร้อยละ 8.44 ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ค่า HEPS ของมาตรฐานต่างๆ

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพพลังงานตามมาตรฐานประเทศไทยในรูปที่ 5 เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของประเทศต่างๆ จะพบว่า หากประเทศไทยกำหนดค่า HEPS ที่ค่าเฉลี่ยของแต่ละช่วงของกำลังไฟฟ้าก็จะได้ค่า HEPS ใกล้เคียงกับมาตรฐานต่างๆ แต่เนื่องจากภาครัฐต้องการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ ดังนั้นภาครัฐจึงต้องกำหนดค่า HEPS ให้มีค่าสูงกว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยตามแนวคิดที่เสนอในงานวิจัยนี้ แนวคิดนี้รวมถึงการกำหนดค่า HEPS ให้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วเดี่ยว ภายหลังการกำหนดค่า HEPS ให้กับแต่ละกำลังไฟฟ้า ภาครัฐก็สามารถระบุค่าดังกล่าวลงในฉลากของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตแก่ผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย รวมถึงผู้จำหน่ายสามารถนำค่า HEPS เป็นดัชนีที่ใช้กำหนด

ตราสินค้าที่จะนำเข้าเพื่อช่วยประเทศอนุรักษ์พลังงานได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นหากผู้นำเข้าและผู้จำหน่ายหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์นำหลอดคอมแพกต์ที่มีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยเท่ากับค่า HEPS เข้าประเทศ ประเทศไทยจะสามารถอนุรักษ์พลังงานได้ประมาณ 2.70 GWhต่อปี

5. สรุป

การศึกษาสมรรถนะการใช้พลังงานของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์จะมีค่าประสิทธิภาพพลังงานเป็นดัชนีชี้วัดสมรรถนะ ซึ่งมีหน่วยวัด lumen/Watt ค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูงหรือ HEPS ของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรการสนับสนุนและส่งเสริมการคิดฉลากวัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงวิธีการกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูงให้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงก่อนการรณรงค์ให้ความรู้กับผู้บริโภคในการเลือกซื้อหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยสังเกตค่าประสิทธิภาพพลังงานที่ระบุลงในฉลากประสิทธิภาพสูง ผลที่ตามมาในอนาคตคือ ประเทศไทยจะมีการใช้หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงแทนที่หลอดที่มีคุณภาพต่ำ (กล่าวคือ ความสว่างน้อย) หรือแทนที่หลอดไส้ได้เพิ่มมากขึ้น นั่นคือ ฉลากประสิทธิภาพสูงคือเครื่องมือสำคัญในการอนุรักษ์พลังงานเพราะฉลากจะเป็นตัวกระตุ้นตลาดให้ประชาชนสามารถเลือกซื้อได้ถูกต้อง

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้เงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัยเรื่อง "การอนุรักษ์พลังงานในหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์" จำนวน 100,000 บาท

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kiatkittipong W, Wongsuchoto P, Meevasana K, Pavasant P. When to buy new electrical/electronic products?. *J Clean Prod* (2007), doi:10.1016/j.jclepro.2007.06.019.
- [2] Danish Energy Management, “International CFL Market Review: A Study of Seven Asia-Pacific Economies” Australian Greenhouse Office, August 2006: 13-16.
- [3] Lin J. A light diet for a giant appetite: An assessment of China’s fluorescent lamp standard. *Energy* 30 (2005), 1873–1887.
- [4] ศุภชัย นาทะพันธ์, บรรยงวุฒิ จุลละโพธิ และธนพจน์ ศักดิ์นวลกุล “การอนุรักษ์พลังงานเชิงพาณิชย์ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการทางสถิติ” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี 2548 กรุงเทพฯ ตุลาคม 2548 หน้า 367-374
- [5] Vine E, du Pont P, Waide P. Evaluating the impact of appliance efficiency labeling programs and standards: process, impact, and market transformation evaluations. *Energy* 26 (2001), 1041–1059.
- [6] Waide P, Lebot B, Hinnells M. Appliance energy standards in Europe. *Energy and Buildings* 26 (1997) 45-67.
- [7] National Appliance and Equipment Energy Efficiency Committee, “Minimum Energy Performance Standard: Lamps” Australian Greenhouse Office, October 2002: 1-8.
- [8] Garcia A.G.P, Szklo A.S, Schaeffer R, McNeil M.A. Energy-efficiency standards for electric motors in Brazilian industry. *Energy Policy* 35 (2007) 3424–3439.
- [9] มอก. 2310-2549 หลอดมีบัลลาสต์ในตัวสำหรับการให้แสงสว่างทั่วไป เฉพาะด้านประสิทธิภาพพลังงาน
- [10] ELI Quality Certification Institute, “ELI Voluntary Technical Specification for Self-Ballasted Compact Fluorescent Lamps”, March 2006: 1-7.