การคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล : กรณีศึกษาสำหรับประเทศไทย

Calculation of Seasonal Energy Efficiency Ratio : Case Study for Thailand

สมชาย พัฒนา[1]* และ เก่งกมล วิรัตน์เกษม[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
*ติดต่อ: spattana@chiangmai.ac.th, โทรศัพท์ 053-944146, โทรสาร 053-944145

บทคัดย่อ

เครื่องปรับอากาศขนาดการทำความเย็น 12,000 BTU/hr. ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,034 W. จะมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) เท่ากับ 11.6 BTU/hr/W. (3.40 W/W) การคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันทำขึ้นโดยใช้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ไปคำนวณทำให้ได้ค่าการใช้ไฟฟ้ามากกว่าการใช้จริง ในต่างประเทศมีการใช้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio, SEER) ซึ่งทำการคำนวณโดยนำจำนวนชั่วโมงของอุณหภูมิอากาศและประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศไปคำนวณทำให้ได้ค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่า จากการนำอุณหภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครไปคำนวณพบว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลได้เท่ากับ 3.54 (W/W) และผลการใช้ไฟฟ้าตลอดฤดูกาลเท่ากับ 2,208 kW-hr/yr. เมื่อเทียบกับการคำนวณวิธีปัจจุบันได้ค่าการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 3,020 kW-hr/yr. เห็นได้ว่าการคำนวณวิธีปัจจุบันให้ค่าการใช้ไฟฟ้ามากกว่าถึง 26.9%

คำหลัก: เครื่องปรับอากาศ, การใช้ไฟฟ้า, อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน, อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล

Abstract

A room air conditioner has cooling capacity of 12,000 BTU/hr. with power input of 1,034 W. that be able to calculate the energy efficiency ratio (EER) of 11.6 BTU/hr/W. (3.40 W/W). The calculation of electricity consumption in air conditioning by using the energy efficiency ratio (EER) to calculate found that more than actually used. The Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER), which calculated by using the number of hours temperature and the air conditioner performance, is close to the actually used. By using the temperature data of Bangkok to calculate found that the SEER is 3.54 (W/W) and the energy consumption is 2,208 kW-hr/yr. When compared with the current method, equal to 3,020 kW-hr/yr, therefore the current calculation method let more energy consumption than using SEER of 26.9%.

Keywords: air condition, energy consumption, Energy Efficiency Ratio, Seasonal Energy Efficiency Ratio

1. บทนำ

ประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ โดยกำหนดเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมชนิดบังคับ คือ มอก. 2134-2553 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง : ประสิทธิภาพพลังงาน การบังคับใช้กำหนดให้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามมาตรฐานดังกล่าวจะต้องมีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ (Minimum Energy Performance Standard, MEPS) 2.82 W/W โดยทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 1155-2536 [1,2] จึงจะสามารถผลิตและนำเข้าเพื่อจำหน่ายภายในประเทศได้ นอกจากนั้นทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้มีการกำหนดฉลากเครื่องปรับอากาศประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เพื่อช่วยส่งเสริมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง ทำให้เครื่องปรับอากาศที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันติดฉลากเบอร์ 5 เป็นส่วนใหญ่ โดยมีการกำหนดอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) สำหรับเครื่องปรับอากาศที่จะได้ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ในปัจจุบันคือ 11.6 BTU/hr/W. [3] และทำการคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีโดยนำค่า EER คูณการใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน คูณ 365 วันทำงาน ทำให้การใช้ไฟฟ้าที่ได้มากกว่าความเป็นจริง

ในต่างประเทศได้มีการเปลี่ยนมาใช้การคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio, EER) [4-7] สำหรับเครื่องปรับอากาศ ซึ่งการคำนวณอัตราส่วนนี้ทำให้สามารถคำนวณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีทำได้ถูกต้องตามความเป็นจริงมากกว่าวิธีการที่ประเทศไทยใช้อยู่ในปัจจุบัน บทความนี้จึงทำการศึกษาการคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลของประเทศญี่ปุ่นและทำการประยุกต์เพื่อนำมาใช้สำหรับประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นเป็นมาตรฐานที่นำไปใช้จริง และมักถูกนำไปใช้เปรียบเทียบกับมาตรฐานของประเทศต่างๆ อีกด้วย [7]

2. วิธีการคำนวณ

จากการศึกษามาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น คือ Room air conditioners, JIS C 9612 : 2005 [4] โดยมาตรฐานนี้มีการแยกวิธีการคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลออกตามลักษณะของเครื่องปรับอากาศ คือ ค่าประสิทธิภาพช่วงฤดูการทำความเย็น (Cooling Seasonal Performance Factor, CSPF) และค่าประสิทธิภาพช่วงฤดูการทำความร้อน (Heating Seasonal Performance Factor, HSPF) การศึกษาครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะค่าประสิทธิภาพช่วงฤดูการทำความเย็น เนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังใช้เพื่อการทำความเย็น และศึกษาเฉพาะการคำนวณสำหรับเครื่องปรับอากาศชนิดความเร็วคอมเพรสเซอร์คงที่ เนื่องจากเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีใช้เป็นส่วนใหญ่ในประเทศไทย โดยการทดสอบจะทดสอบที่ขีดความสามารถทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ และมีภาวะสำหรับการทดสอบแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงภาวะมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ [4]

Test type	Indoor air condition		Outdoor air condition	
	Dry-bulb temp. (°C)	Wet-bulb temp. (°C)	Dry-bulb temp. (°C)	Wet-bulb temp. (°C)
Rated capacity	27.0	19.0	35.0	24.0

ตามมาตรฐาน JIS C 9612-2005 กำหนดให้มีการทดสอบเพียงภาวะเดียว คือ ที่ขีดความสามารถทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Rated capacity) ซึ่งจากการทดสอบจะได้ค่าความสามารถการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ Rated cooling capacity (Φ_{cr}) (W) และการใช้พลังงานที่ขีดความสามารถการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ Rated cooling power

consumption (P_c) (W) จากนั้นทำการคำนวณหาความสามารถการทำความเย็นและการใช้พลังงานที่ภาวะอุณหภูมิภายนอก 29°C โดยเรียกตำแหน่งนี้ว่า Minimum cooling capacity สำหรับอุณหภูมิภายนอก 29°C นี้ตามมาตรฐาน JIS C 9612-2005 กำหนดจากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของสภาวะอากาศที่ใช้คำนวณซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.8°C จึงกำหนดให้ใช้อุณหภูมิภายนอก 29°C เป็นอุณหภูมิทดสอบ[4] โดยการคำนวณจะใช้สมการ (1) และ (2) ดังนี้

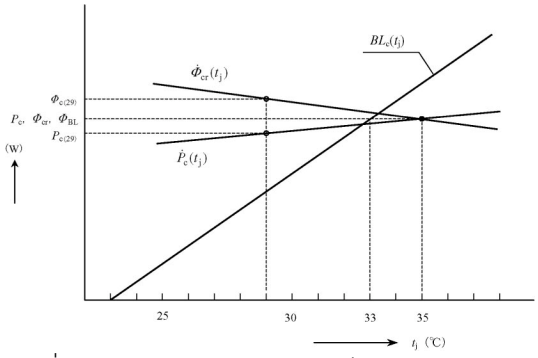
Minimum cooling capacity :

$$\Phi_{cr(29)} = 1.077 \text{ x } \Phi_{cr} \qquad (1)$$

Minimum cooling power consumption :

$$P_{c(29)} = 0.914 \text{ x } P_c \qquad (2)$$

จากนั้นนำค่าที่ได้ทั้ง 4 ค่าไปกำหนดจุดและเขียนลงบนกราฟพร้อมกับค่าของภาระการทำความเย็นของอาคาร Building cooling load (BL_c) ดังรูปที่ 1 โดยภาระการทำความเย็นของอาคารแสดงเป็นเส้นตรง มีค่าเริ่มต้นเป็นศูนย์ที่อุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 23°C และมีค่าเท่ากับความสามารถการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ทดสอบได้ (Φ_{cr}) ที่อุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 33°C



รูปที่ 1 แสดงภาระการทำความเย็นของอาคารและความสามารถการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ [4]

การคำนวณค่าประสิทธิภาพรวมด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศตามสภาวะอากาศตามฤดูกาลสามารถคำนวณได้จากสมการ (3)

$$CSPF = \frac{CSTL}{CSEC} \qquad (3)$$

โดย *CSPF* : ประสิทธิภาพรวมด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศตามสภาวะอากาศตามฤดูกาล (วัตต์/วัตต์)

CSTL : ผลรวมของภาระทำความเย็นตลอดฤดูกาล (วัตต์-ชั่วโมง)

CSEC : ผลรวมของการใช้พลังงานตลอดฤดูกาล (วัตต์-ชั่วโมง)

ผลรวมของภาระทำความเย็นตลอดฤดูกาล (*CSTL*) คำนวณได้จากสมการ (4)

$$CSTL = \sum_{j=1}^{15} \Phi_{cr}(t_j) \qquad (4)$$

โดย $\Phi_{cr}(t_j)$: ปริมาณความร้อนรวมที่ดึงออกจากอาคารที่อุณหภูมิภายนอก t_j ซึ่ง t_1 คืออุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 24, t_2 คืออุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 25 ไปจนกระทั่ง t_{15} คืออุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 38 ปริมาณความร้อนนี้สามารถหาค่าได้จากสมการ (5)

$$\Phi_{cr}(t_j) = X(t_j) \times \dot{\Phi}_{cr}(t_j) \times n_j \qquad (5)$$

โดย $X(t_j)$: อัตราส่วนของภาระการทำความเย็นของอาคารที่อุณหภูมิภายนอก t_j กับความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิภายนอก t_j แสดงได้ดังสมการ (6)

ซึ่งค่า $X(t_j) = 1$ เมื่อ $BL_{cr}(t_j) \geq \dot{\Phi}_{cr}(t_j)$

$$X(t_j) = \frac{BL_{cr}(t_j)}{\dot{\Phi}_{cr}(t_j)} \qquad (6)$$

โดย $BL_{cr}(t_j)$: ภาระความการทำความเย็นของอาคารที่อุณหภูมิภายนอก t_j คำนวณได้จากสมการ (7)

$$BL_{cr}(t_j) = \Phi_{BL} \times \frac{(t_j - 23)}{(33 - 23)} \qquad (7)$$

โดย Φ_{BL} : ความสามารถในการทำความเย็นที่ระบุในฉลากของเครื่องปรับอากาศ

$\dot{\Phi}_{cr}(t_j)$: ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิภายนอก t_j แสดงได้ดังสมการ (8)

$$\dot{\Phi}_{cr}(t_j) = \Phi_{cr} + \left[\frac{\Phi_{cr(29)} - \Phi_{cr}}{35-29}\right] \times (35 - t_j) \quad (8)$$

โดย Φ_{cr} : ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (วัตต์)

$\Phi_{cr(29)}$: ความสามารถในการทำความเย็นต่ำสุดของเครื่องปรับอากาศ (วัตต์)

n_j : จำนวนชั่วโมงทั้งฤดูกาลของแต่ละอุณหภูมิภายนอก t_j

j : ตำแหน่งแต่ละอุณหภูมิ 1, 2, 3, ..., 15

ผลรวมของการใช้พลังงานตลอดฤดูกาล (*CSEC*) คำนวณได้จากสมการ (9)

$$CSEC = \sum_{j=1}^{15} P_c(t_j) \quad (9)$$

โดย $P_c(t_j)$: พลังงานรวมที่เครื่องปรับอากาศใช้ในการปรับอากาศที่อุณหภูมิภายนอก t_j คำนวณได้จากสมการ (10)

$$P_c(t_j) = X(t_j) \times \dot{P}_c(t_j) \times \frac{n_j}{PLF(t_j)} \quad (10)$$

โดย $\dot{P}_c(t_j)$: พลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้ในการปรับอากาศที่อุณหภูมิภายนอก t_j คำนวณได้จากสมการ (11)

$PLF(t_j)$: ปัจจัยสำหรับภาระบางส่วนโดยหาจากครึ่งของขีดความสามารถของเครื่องปรับอากาศ คำนวณได้จากสมการ (12)

$$\dot{P}_c(t_j) = P_c + \left[\frac{P_{c(29)} - P_c}{35-29}\right] \times (35 - t_j) \quad (11)$$

โดย P_c : พลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้ที่ขีดความสามารถของเครื่องปรับอากาศ

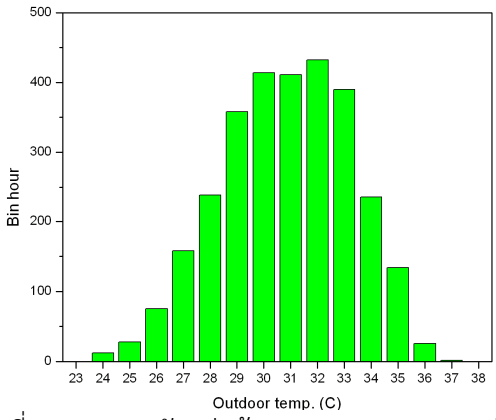
$P_{c(29)}$: พลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้ที่ขีดความสามารถต่ำสุดของเครื่องปรับอากาศ

$$PLF(t_j) = 1 - C_D[1 - X(t_j)] \quad (12)$$

โดย C_D : สัมประสิทธิ์การถดถอยซึ่งในมาตรฐาน JIS C 9612-2005 [4] กำหนดไว้เท่ากับ 0.25

3. ผลการคำนวณ

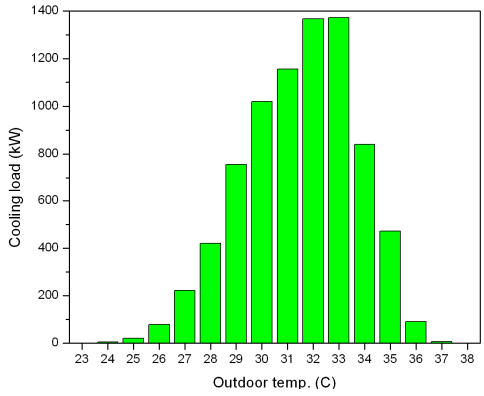
การคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลต้องใช้ข้อมูลสภาวะอากาศมาประกอบการคำนวณ ในการศึกษานี้ได้นำข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพมหานคร 8 ชั่วโมงคือในช่วงเวลา 9:00-17:00 น. 365 วันจากโปรแกรม METEONORM® มาใช้ประกอบการคำนวณ ซึ่งเมื่อนำมาทำการจัดกลุ่มตามช่วงอุณหภูมิจะได้จำนวนชั่วโมงตามรูปที่ 2



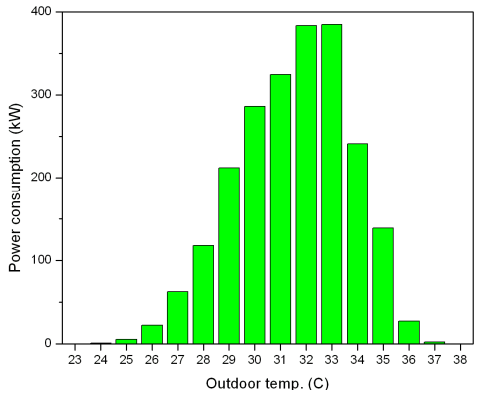
รูปที่ 2 แสดงการจัดกลุ่มข้อมูลสภาวะอากาศตามช่วงอุณหภูมิ

การคำนวณโดยใช้ข้อมูลเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันความเย็น (12,000 BTU/hr.) และมีค่าอัตราส่วน

ประสิทธิภาพพลังงาน EER 11.6 BTU/hr/W. (3.40 W/W) ได้ผลการคำนวณภาระทำความเย็นและการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 3 (ก) และ (ข) ตามลำดับ จากนั้นทำการคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลโดยนำผลรวมของภาระทำความเย็นตลอดฤดูกาลหารด้วยผลรวมของการใช้พลังงานตลอดฤดูกาลได้เท่ากับ 3.54 (W/W)



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 แสดงผลการคำนวณภาระทำความเย็น (ก) และการใช้พลังงานไฟฟ้า (ข) ในแต่ละอุณหภูมิ

เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าโดยผลรวมของการใช้พลังงานตลอดฤดูกาลและการคำนวณโดยวิธีปัจจุบัน คือ นำการใช้ไฟฟ้าที่ภาวะการทดสอบของเครื่องปรับอากาศคูณการใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน คูณ 365 วันทำงาน พบว่าผลจากการคำนวณโดยใช้วิธีของการคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลได้ค่าน้อยกว่าการคำนวณโดยวิธีปัจจุบันถึง 812 kW-h หรือคิดเป็นร้อยละ 26.9 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีของเครื่องปรับอากาศ

การใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งปี (kW-h)		ความแตกต่าง (%)
คำนวณโดยวิธีปัจจุบัน	จากวิธีคำนวณ SEER	
3,020	2,208	26.9

4. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่าการคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลของมาตรฐาน JIS C 9612-2005 สามารถคำนวณภาระการทำความเย็นและการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละสภาวะอุณหภูมิอากาศได้ ทำให้สามารถทราบค่าผลรวมของการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดช่วงเวลาที่สนใจศึกษา และสามารถทดแทนวิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีในปัจจุบันที่ไม่ได้ให้ค่าที่ถูกต้องนักเนื่องจาก

1) วิธีปัจจุบันเป็นการคำนวณโดยใช้ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิภายนอก 35°C แต่อุณหภูมิภายนอกไม่ใช่ 35°C ตลอดเวลาการทำงาน
2) เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกไม่ใช่ 35°C ตลอดเวลา เมื่ออุณหภูมิภายนอกลดลงภาระความร้อนจึงลดลงตามไปด้วย ทำให้คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศไม่ได้ทำงานตลอดเวลา
3) ตามทฤษฎีแล้วเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิภายนอกลดลง ทำให้การนำประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิภายนอก 35°C ไปใช้คำนวณทำให้ได้ค่าไม่ถูกต้อง

ถึงแม้ว่าในมาตรฐาน JIS C 9612-2005 ได้ทำการแก้ไขจุดด้อยของวิธีการคำนวณแบบเดิม กล่าวคือมีการคำนึงถึงเปอร์เซนต์การทำงานหรือการตัดต่อของคอมเพรสเซอร์ตามสภาวะอากาศต่างๆ และถือได้ว่าเป็น

มาตรฐานที่เชื่อถือได้ แต่การนำมาใช้กับสภาวะอากาศของประเทศไทยอาจมีบางตัวแปรที่มีความแตกต่าง ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบความถูกต้องโดยการทดสอบจริงโดยทดสอบกับเครื่องปรับอากาศหลายๆ ขนาดเพื่อดูแนวโน้มการใช้พลังงาน และควรทำการเปรียบเทียบระหว่างการคำนวณตามมาตรฐานกับการใช้งานจริงต่อไป

อย่างไรก็ตามค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (SEER) หรือค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เป็นเพียงค่าที่ได้จากวิธีการคำนวณที่แตกต่างกันเท่านั้น ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่ได้จากแต่ละวิธีไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ การจะนำไปเปรียบเทียบเพื่อดูความแตกต่างต้องนำค่าจากวิธีการคำนวณเดียวกันเท่านั้น ซึ่งเครื่องปรับอากาศที่มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่สูงกว่าแสดงถึงการมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า

7. เอกสารอ้างอิง

[1] มอก. 2134-2553 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง : ประสิทธิภาพพลังงาน

[2] มอก. 1155-2536 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องปรับอากาศสำหรับห้องแบบแยกส่วนและระบายความร้อนด้วยอากาศ

[3] การไฟฟ้าฝ่ายผลิแห่งประเทศไทย (2548). *เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www2.egat.co.th/labelNo5/air_Saving.htm, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/03/2555.

[4] Room Air Conditioners, JIS C 9612 : 2005.

[5] Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump Equipment, AHRI 210/240, 2008.

[6] Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and calculating methods for seasonal performance factors -- Part 1: Cooling seasonal performance factor, ISO 16358-1, 2011.

[7] Reducing Barriers to Trade Through Development of a Common Protocol for Measuring the Seasonal Energy Efficiency (SEER) of Air Conditioners, APEC Enery Working Group (2010), *Final Report 2010*.