

ศักยภาพในการประหยัดพลังงานของกระทะไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง Energy saving potential of high performance electric pan

สมชาย พัฒนา^{1*}, เก่งกมล วิรัตน์เกษม¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

*ติดต่อ: spattana@chiangmai.ac.th, โทรศัพท์ 053-944146, โทรสาร 053-944145

บทคัดย่อ

ในประเทศไทยมีการผลิตและนำเข้ากระทะไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายในประเทศเป็นจำนวนมากกว่าปีละ 300,000 เครื่อง ขนาดกำลังไฟฟ้าของกระทะไฟฟ้าส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 1,000-1,200 วัตต์ กล่าวได้ว่ากระทะไฟฟ้าถือเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งที่มีการใช้พลังงานมากและถ้าสามารถทำให้เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงก็จะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้มากเช่นเดียวกับเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่นๆ จากการสำรวจกระทะไฟฟ้าในตลาดพบว่ากระทะไฟฟ้า 15 ยี่ห้อ 53 รุ่น ในการวิจัยนี้ได้นำกระทะไฟฟ้าจำนวน 42 รุ่นมาทดสอบโดยนำวิธีการทดสอบประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ASTM F1361-91 มาประยุกต์ใช้ ผลการทดสอบพบว่ากระทะไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 88.08 โดยมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 90.38 และต่ำสุดร้อยละ 84.38 จากผลการทดสอบและการกำหนดเครื่องใช้ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงสามารถคิดเป็นศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ประมาณ 3.9 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

คำหลัก: กระทะไฟฟ้า, ประสิทธิภาพพลังงาน, มาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูง, ศักยภาพในการประหยัดพลังงาน

Abstract

The production and import of electric pan for distribution in Thailand has over 300,000 units per year and heating input power of these equipment are mainly between 1,000 to 1,200 watts. The electric pan is widely used and it is one of potential energy saving household equipment. The survey found that there are 15 brands with 53 models and a total of 42 models are tested in this research. The water-boil efficiency of ASTM F1361-91 test method is adapted to find out the energy performance of electric pan. It is found that the average, maximum and minimum water-boil efficiency are 88.08, 90.38% and 84.38% respectively. High energy performance standard are stated from the testing results. Energy saving potential of high performance electric pan is about 3.9 million kilowatt-hour per year.

Keywords: Electric pan, Energy performance, High energy performance standard, Energy saving potential.

ETM-2058

1. บทนำ

ประเทศไทยมีการนำกระแสไฟฟ้าไปใช้งานค่อนข้างแพร่หลายทั้งในครัวเรือนและภาคธุรกิจ เพื่อความปลอดภัยและป้องกันความเสียหายอันอาจจะเกิดแก่ประชาชน สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) จึงมีการกำหนดมาตรฐานบังคับของกระแสไฟฟ้าไว้คือ มอก.1509-2547 : กระแสไฟฟ้า เฉพาะด้านความปลอดภัย และได้นิยามให้กระแสไฟฟ้า หมายถึง กระแสที่ใช้ไฟฟ้าทำความร้อน โดยตัวทำความร้อนอาจรวมอยู่กับตัวกระทะหรือได้รับการออกแบบให้เป็นส่วนเฉพาะแยกจากตัวกระทะ [1] โดยมาตรฐานนี้ไม่ครอบคลุมถึงกระแสไฟฟ้าชนิดอื่น เช่น กระแสไฟฟ้าที่ทำความร้อนด้วยความถี่สูง เป็นต้น การดำเนินงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเฉพาะศักยภาพในการประหยัดพลังงานของกระแสไฟฟ้าตามนิยามนี้เท่านั้น

การประเมินศักยภาพในการประหยัดพลังงานของผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์ จะทำการกำหนดวิธีการทดสอบและการกำหนดค่ามาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นสูง (High Energy Performance Standard, HEPS) โดยนำค่า HEPS ไปกำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานเพื่อใช้ประกอบการคำนวณศักยภาพ และการกำหนดค่า HEPS ประกอบการใช้มาตรการส่งเสริม เช่น ฉลากผลิตภัณฑ์เบอร์ 5 จะช่วยผลักดันให้ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์ที่มีค่าประสิทธิภาพพลังงานต่ำกว่าค่า HEPS ให้มีการปรับปรุงคุณภาพให้เป็นผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์มีประสิทธิภาพพลังงานที่ดีขึ้นเพื่อให้สามารถแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นได้ โดยมาตรการส่งเสริมนี้มีขึ้นเพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ

2. การสุ่มตัวอย่าง

จากนิยามของกระแสไฟฟ้าตาม มอก.1509-2547 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจและรวบรวมข้อมูลการตลาดของผลิตภัณฑ์กระแสไฟฟ้าพบว่า มีผู้ผลิตและผู้นำเข้าจำหน่ายในประเทศไทย 15 ราย ปริมาณการผลิตและนำเข้า (เฉพาะจำหน่ายภายในประเทศปี 2553)

ประมาณ 335,000 เครื่องต่อปีแสดงดังตารางที่ 1 โดยแบ่งเป็นแต่ละประเภทคือ

1. ชนิดตัวทำความร้อนรวมอยู่กับตัวกระทะ
จำนวนปริมาณการผลิตและนำเข้า 280,000 เครื่องต่อปี จำนวน 39 รุ่น
2. ชนิดตัวทำความร้อนแยกจากตัวกระทะ
จำนวนปริมาณการผลิตและนำเข้า 55,000 เครื่องต่อปี จำนวน 13 รุ่น

แต่ละประเภทมีขนาดตัวทำความร้อนแตกต่างกันไปแสดงดังตารางที่ 2 ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพพลังงานกระแสไฟฟ้าจะทำการสุ่มเลือกจากตลาดรุ่นละ 1 เครื่อง เนื่องจากกระแสไฟฟ้าในรุ่นใกล้เคียงกันจะใช้ตัวกระแสไฟฟ้าแบบหรือรุ่นเดียวกันโดยมีความแตกต่างกันเฉพาะอุปกรณ์ประกอบ เช่น มีหม้อซึ่งสำหรับนึ่งอาหาร ฝาโลหะหรือฝากระจก เป็นต้น ในกรณีนี้ถือว่าเป็นตัวกระแสไฟฟ้าเดียวกัน ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้จึงเลือกเฉพาะกระแสไฟฟ้าที่มีความแตกต่าง ทำให้เหลือกระแสไฟฟ้าชนิดตัวทำความร้อนรวมอยู่กับตัวกระทะ จำนวน 31 รุ่น และชนิดตัวทำความร้อนแยกจากตัวกระทะ จำนวน 11 รุ่น แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนการผลิตและนำเข้า (เฉพาะจำหน่ายภายในประเทศ) ของกระแสไฟฟ้าปี 2553

ขนาดตัวทำความร้อน (วัตต์)	ชนิดตัวทำความร้อน รวมอยู่กับตัวกระทะ (เครื่อง)	ชนิดตัวทำความร้อนแยก จากตัวกระทะ (เครื่อง)
700 – 800	29,000	2,000
1000 – 1,200	241,000	13,000
1,300 – 1,500	10,000	40,000

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนรุ่นของกระแสไฟฟ้าแยกตามชนิดและขนาดตัวทำความร้อน

ขนาดตัวทำความร้อน (วัตต์)	ชนิดตัวทำความร้อน รวมอยู่กับตัวกระทะ		ชนิดตัวทำความร้อนแยก จากตัวกระทะ	
	จำนวนรุ่นที่มีในตลาด	จำนวนรุ่นที่ทดสอบ	จำนวนรุ่นที่มีในตลาด	จำนวนรุ่นที่ทดสอบ
700 – 800	5	4	1	1
1,000 – 1,200	31	24	5	3
1,300 – 1,500	3	3	8	7

ETM-2058

3. วิธีการทดสอบ

วิธีการทดสอบประสิทธิภาพพลังงานของกระทะไฟฟ้ากำหนดขึ้นโดยประยุกต์ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM F 1361-91 : Standard Test Methods for the Performance of Open Deep Fat Fryers [2] และ ASTM F1786 - 97(2010) Standard Test Method for Performance of Braising Pans [3] ร่วมกับมาตรฐานการทดสอบหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง[4] ทั้งนี้เพื่อให้มีความเหมาะสมกับกระทะไฟฟ้าขนาดเล็ก และสภาวะการทดสอบให้มีความเหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมของประเทศไทย โดยกำหนดวิธีการทดสอบดังนี้

3.1 มาตรฐานการทดสอบ

ก. ห้องทดสอบ

(1) อุณหภูมิภายในห้องทดสอบต้องไม่เกิน $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ตลอดการทดสอบ

(2) ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบต้องไม่เกินร้อยละ $60 \pm 15\%$

ข. เครื่องมือวัด

(1) แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้ากระทะไฟฟ้าจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 1 ของค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดโดยผู้ผลิตตลอดการทดสอบ

(2) เครื่องชั่งน้ำหนักจะต้องมีความถูกต้องในการวัด โดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ ± 0.05

ค. การติดตั้งกระทะไฟฟ้า

(1) ให้ติดตั้งกระทะไฟฟ้าบนพื้นรองที่ทำจากแผ่นไม้เรียบหนาอย่างน้อย 10 มิลลิเมตร และทาสีดำ

(2) ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งประมาณ 10 มิลลิเมตร เหนือจุดกึ่งกลางของก้นกระทะไฟฟ้า

(3) ระยะห่างจากผนังอย่างน้อย 900 mm.

(4) อัตราการระบายอากาศอย่างน้อย 300 cfm/linear foot of hood

3.2 การทดสอบ

(1) เตรียมกระทะไฟฟ้าโดยให้กระทะไฟฟ้าเริ่มทำงานที่อุณหภูมิห้อง หรือทิ้งกระทะไฟฟ้าไว้ในอุณหภูมิห้องโดยไม่มีการใช้งานอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

(2) ติดตั้งกระทะไฟฟ้าบนแผ่นไม้ที่วางอยู่บนเครื่องชั่งและตั้งค่าน้ำหนักบนเครื่องชั่งให้มีค่าเป็นศูนย์

(3) เติมน้ำอุณหภูมิ $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ปริมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของความจุสูงสุด ทำการบันทึกน้ำหนักน้ำที่เติม

(4) ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิตามมาตรฐานการทดสอบข้อ ค(2)

(5) ในกรณีที่มีเทอร์โมสแตท ให้ปรับเทอร์โมสแตทไปที่ค่าสูงสุดเพื่อให้กระทะไฟฟ้าทำงานอย่างต่อเนื่องกรณีที่เทอร์โมสแตททำงานโดยการตัดวงจรขณะที่น้ำยังไม่เดือด ให้ทำการต่อกระแสไฟฟ้าเข้าตัวทำความร้อนโดยไม่ผ่านเทอร์โมสแตท

(6) เตรียมอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าและอุปกรณ์บันทึกข้อมูลต่างๆ และเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กระทะไฟฟ้าทำงาน

(7) ต้มให้น้ำเดือดระเหยไป 200 กรัม แล้วทำการบันทึกผลดังนี้

- อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (T_i)

- น้ำหนักเริ่มต้นของน้ำ (m_i)

- ความดันบรรยากาศ (P_{atm})

(8) ตัมน้ำต่อจนน้ำเดือดระเหยไปอีก 500 กรัม แล้วทำการบันทึกผลดังนี้

- อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำ (T_f)

- น้ำหนักสุดท้ายของน้ำ (m_f)

- ความดันบรรยากาศ (P_{atm})

- ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการต้มจนกระทั่งน้ำเดือดระเหยไปอีก 500 กรัม

การคำนวณประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระทะไฟฟ้าที่ทดสอบโดยวิธีการต้มน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) [2]

$$\eta = \left[\frac{M_{\text{wt}} \times h_{fg}}{3,600 \times E} \right] \times 100 \quad (1)$$

ETM-2058

โดย η หมายถึง ค่าประสิทธิภาพพลังงาน มีค่าเป็นร้อยละ

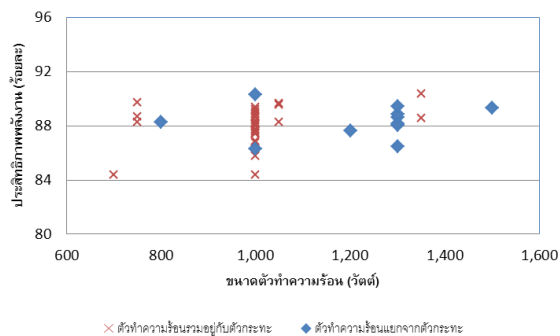
M_{wi} หมายถึง มวลของน้ำที่ระเหยออกไป 500 กรัม

h_{fg} หมายถึง ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอของน้ำ มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

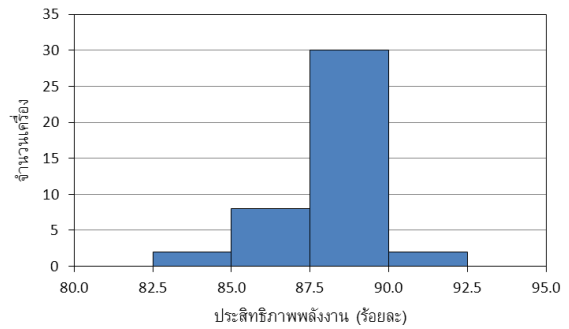
E หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง

4. ผลการทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบกระเพาะไฟฟ้าจำนวน 42 เครื่อง (จำนวน 15 ยี่ห้อ) โดยมีการบันทึกผลการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้มน้ำของกระเพาะไฟฟ้าเทียบกับขนาดตัวทำความร้อนและเปรียบเทียบชนิดตัวทำความร้อนรวมอยู่กับตัวกระเพาะและชนิดตัวทำความร้อนแยกจากตัวกระเพาะแสดงดังรูปที่ 1 ผลการทดสอบพบว่ากระเพาะไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 87.08 โดยมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 90.38 และต่ำสุดร้อยละ 84.38 และมีการกระจายตัวของข้อมูลประสิทธิภาพแสดงดังรูปที่ 2 สำหรับกระเพาะไฟฟ้าขนาดที่มีความนิยมมากคือรุ่นที่มีขนาดตัวทำความร้อน 1,000 – 1,200 วัตต์ มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 87.93 โดยมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 90.27 และต่ำสุดร้อยละ 84.39 กระเพาะไฟฟ้าชนิดตัวทำความร้อนรวมอยู่กับตัวกระเพาะจะมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 88.01 และกระเพาะไฟฟ้าชนิดตัวทำความร้อนแยกจากตัวกระเพาะมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 88.30



รูปที่ 1 แสดงประสิทธิภาพพลังงานของกระเพาะไฟฟ้าเทียบกับขนาดตัวทำความร้อน



รูปที่ 2 แสดงการกระจายของข้อมูลประสิทธิภาพพลังงานของกระเพาะไฟฟ้า

4.1 ค่าประสิทธิภาพขั้นสูงของกระเพาะไฟฟ้า

จากการกำหนดค่าประสิทธิภาพขั้นสูง (High Energy Performance Standard, HEPS) สามารถกำหนดได้จากสมการที่ (2) [4]

$$HEPS = \mu + z_{\alpha/2} \sigma \quad (2)$$

โดย μ คือ ค่าประสิทธิภาพพลังงานเฉลี่ย

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประสิทธิภาพพลังงาน

ในการกำหนดค่า $z_{\alpha/2}$ ได้ใช้ค่า 0.84 หมายถึง พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ (normal curve) ตั้งแต่ค่านี้ขึ้นไปมีจำนวนร้อยละ 20 [5-6] จะทำให้มีผลิตภัณฑ์ที่เข้าเกณฑ์เป็นกระเพาะไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงร้อยละ 20 จากผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด ดังนั้นจะมีจำนวนกระเพาะไฟฟ้าที่ไม่ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพขั้นสูงร้อยละ 80 และในการวิจัยนี้ใช้ค่านี้ในการคำนวณหาศักยภาพในการประหยัดพลังงานของกระเพาะไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง โดยมีจำนวนกระเพาะไฟฟ้าที่ไม่ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพขั้นสูงแสดงดังตารางที่ 3

จากข้อมูลผลการทดสอบพบว่ากระเพาะไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 88.08 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.341 สามารถหาค่าประสิทธิภาพขั้นสูงของกระเพาะไฟฟ้าได้ร้อยละ 89.21

ETM-2058

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนกระแทกไฟฟ้าทั้งหมดและที่ไม่ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพขั้นสูง

ขนาดตัวทำ ความร้อน (วัตต์)	จำนวนจำหน่าย ภายในประเทศรวม (เครื่อง)	จำนวนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ประสิทธิภาพขั้นสูง (เครื่อง)
700 – 800	31,000	24,800
1,000 – 1,200	254,000	203,200
1,300 – 1,500	50,000	40,000

4.2 ศักยภาพในการประหยัดพลังงานของกระแทกไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

ค่าศักยภาพการประหยัดพลังงานที่ควรจะได้จากการกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูงของกระแทกไฟฟ้าประเมินโดยทำการกำหนดเงื่อนไข คือ กระแทกไฟฟ้าที่ไม่ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูง (HEPS) สามารถทำการปรับปรุงให้ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูงได้ทั้งหมด มีการใช้งานกระแทกไฟฟ้า 2 ชั่วโมงต่อวัน ปีละ 365 วัน การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของกระแทกไฟฟ้า (E_{poten}) คำนวณจากสมการที่ (3)

$$E_{poten} = \sum_{i=1}^n [(E_i - E_{HEPS}) \times N_i] \quad (3)$$

โดย E_i คือ การใช้พลังงานของกระแทกไฟฟ้าที่ไม่ผ่านค่าประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูง

E_{HEPS} คือ การใช้พลังงานของกระแทกไฟฟ้าตามค่าประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูง

N_i คือ จำนวนกระแทกไฟฟ้าที่ไม่ผ่านกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูง

n คือ จำนวนรุ่นที่ไม่ผ่านกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูง

จากการคำนวณพบว่าศักยภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของกระแทกไฟฟ้าเท่ากับ 3,888,646 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

5. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและทดสอบเพื่อประเมินศักยภาพในการประหยัดพลังงานของกระแทกไฟฟ้าในประเทศไทย โดยทำการทดสอบหาประสิทธิภาพพลังงานของกระแทกไฟฟ้าเพื่อนำไปกำหนดค่า HEPS ด้วยการใช้หลักการทางสถิติของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมกัน ซึ่งหากมีการกำหนดให้กระแทกไฟฟ้าผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูงจำนวนร้อยละ 20 ของกระแทกไฟฟ้าทั้งหมด ค่า HEPS จะมีค่าร้อยละ 89.21 สามารถประเมินศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ 3,888,646 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

อย่างไรก็ตามศักยภาพที่ประเมินได้นี้อยู่ภายใต้สมมุติฐานที่กำหนดถ้าหากเปลี่ยนแปลงสมมุติฐานหรือการใช้งานจริงแตกต่างจากสมมุติฐานการประหยัดพลังงานก็จะไม่ตรงกับศักยภาพที่คำนวณได้

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2547), มอก. 1509-2547 : กระแทกไฟฟ้า เฉพาะด้านความปลอดภัย, กรุงเทพฯ.
- [2] The American Society for Testing and Materials (1991), ASTM F 1361-91 : Standard Test Methods for the Performance of Open Deep Fat Fryers, Pennsylvania.
- [3] The American Society for Testing and Materials (2010), ASTM F1786 - 97(2010) Standard Test Method for Performance of Braising Pans, Pennsylvania.
- [4] รุ่ง กิตติพิชัย, ศุภชัย นาทะพันธ์ และวิเชียร เอื้อสมสกุล (2551), การศึกษาเพื่อกำหนดมาตรฐานหม้อหุงข้าวไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่

ETM-2058

22, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี.

[5] Douglas C. Montgomery, George C. Runger and Norma Faris Hubele (2001), *Engineering statistics*, John Wiley & Sons, New York.

[6] Taro Yamane (1967), *Statistics : an introductory analysis*, Harper & Row, New York.