http://journal.rmutp.ac.th/

การผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสียของเตาแก๊สด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค

สุรชัย เหมหิรัญ* และ ดิฐภัทร ตันประดิฐ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

รับบทความ 4 ตุลาคม 2560; ตอบรับบทความ 8 มกราคม 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสียของเตาแก๊สด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค เนื่องจากการประกอบอาหารด้วยเตาแก๊สจะเกิดการสูญเสียความร้อนขึ้นระหว่างเตาแก๊สกับภาชนะประกอบอาหารซึ่งความร้อนนี้สามารถนำกลับมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ การทดสอบใช้เตาแก๊สรุ่นเคบี 5 ที่ติดตั้ง ชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนจากเตาแก๊สเป็นไฟฟ้าด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริค รุ่นทีอีจี 1-241-1.4-1.2 ต่อแบบอนุกรมทางไฟฟ้าจำนวน 4 โมดูล จากนั้นกำหนดเงื่อนไขของระบบที่สภาวะความดันแก๊สเข้าเตาแก๊สเป็น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ปริมาณอากาศที่ใช้ผสมมีค่าคงที่ตลอดการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่าที่ความดันแก๊สเป็น 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็นของชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคได้รับเท่ากับ 250.5 องศาเซลเซียส และ 65.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทำให้ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 53.3 วัตต์ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ 5.3 ที่แรงดันไฟฟ้า 38.1 โวลต์ ด้วยกระแสไฟฟ้า 1.4 แอมแปร์ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อต่อกับภาระทางไฟฟ้ากับชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคกระแสตรงด้วยหลอดไฟแอลอีดีขนาด 12 โวลต์ 7 วัตต์ ที่ความดันแก๊สเข้าเตาแก๊สเป็น 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ จะเกิดค่าผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็นในช่วง 185 องศาเซลเซียส ถึง 51.1 องศาเซลเซียส ทำให้หลอดไฟแอลอีดีสามารถใช้งานได้

คำสำคัญ: ชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค; ความร้อนสูญเสียของเตาแก๊ส; เทอร์โมอิเล็กทริค

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 9959 9932, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: surachai.h@mail.rmutk.ac.th*

http://journal.rmutp.ac.th/

Power Generation from Heat Loss of Gas Strove by Thermoelectric Generator Unit

Surachai Hemhirun* and Ditthaphat Tanpradit

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Krungthep
2 Nanlinji Road, Tungmahamek, Sathorn, Bangkok, 10120

Received 4 October 2017; accepted 8 January 2018

Abstract

This research aimed to study power generation from heat loss of gas strove by thermoelectric generator unit. As cooking with a gas stove can cause heat loss between the stove and the cookware, this heat loss from gas stove can be converted into the electricity. For the experiment, the researcher used a gas stove model KB5 installed with thermoelectric generator to convert the heat energy from the gas stove to electricity with thermoelectric plate model TEG1-241-1.4-1.2 connected in a series to the power of 4 modules. Then, experimental conditions of the gas pressure in the gas strove were set at 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 and 0.6 kg/cm^2, respectively while the amount of mixed air was constant during the experiment. The results showed that when the gas pressure was at 0.6 kg/cm^2, the temperatures of the hot side and cold side of the thermoelectric generator was equal 250.5 °C and 65.5 °C, respectively. It also generated the highest electric power of 53.3 Watts. The power conversion efficiency was 5.3 % at 38.1 Volts with 1.4 Amperes. In addition, when electric was connected to a thermoelectric generator unit with 12 VDC 7-watt LED bulb, the gas pressure in the gas stove were set at 0.3, 0.4, 0.5 and 0.6 kg/cm^2, respectively was affected by the difference between the heating temperature and the cold temperature in the range of 185 °C to 51.1 °C, that could lighten up LED bulb.

Keywords: Thermoelectric Generator Unit; Heat Loss of Gas Strove; Thermoelectric Plate

** Corresponding Author. Tel.: +668 9959 9932, E-mail Address:* surachai.h@mail.rmutk.ac.th

1. บทนำ

การใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่าเป็นแนวทางหนึ่งในการประหยัดพลังงานเพื่อส่งเสริมการจัดการและการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้การใช้พลังงานสามารถแบ่งได้เป็นพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน โดยในรูปพลังงานความร้อนในภาคครัวเรือนมีการใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงถึง 12 ล้านครัวเรือนหรือคิดเป็นร้อยละ 60 ของครัวเรือนทั้งหมด [1] การเผาไหม้ของเตาแก๊สที่ใช้กันอยู่นั้นมีลักษณะเปิดจึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนที่ได้ไปยังภาชนะประกอบอาหารได้อย่างเต็มที่ [2] เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องการสูญเสียความร้อนในขณะเกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อน ด้วยการพาความร้อน (Heat Convection) การนำความร้อน (Heat Conduction) และการแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation) การพาความร้อนจากเปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ระหว่างอากาศกับแก๊สแอลพีจีเกิดเป็นความร้อนถ่ายเทไปสู่ภาชนะประกอบอาหารทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนเป็นจำนวนมากไปกับแก๊สไอเสีย การนำความร้อนของภาชนะประกอบอาหาร และการแผ่รังสีความร้อนจากเปลวไฟ รวมถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบตามกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ [3] ซึ่งทำให้เตาแก๊สที่ใช้ในครัวเรือนในปัจจุบันมีการสูญเสียความร้อนดังกล่าวเป็นผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สมีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงมีการวิจัยเพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สและการใช้ประโยชน์จากความร้อนที่สูญเสียจากเตาแก๊สอีกด้วย

งานวิจัยที่ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สด้วยการใช้ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน [2], [6] เป็นการใช้หลักการหมุนเวียนภายในวัสดุพรุนและการออกแบบฝาครอบเตาที่ใช้ประโยชน์จากความร้อนที่สูญเสียอีกด้วย ทำให้เตาแก๊สภายหลังที่ติดตั้งฝาครอบชนิดวัสดุพรุนมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 40 หรือคิดเป็นการประหยัดร้อยละ 28 ต่อมามีนักวิจัยที่สนใจการใช้ประโยชน์จากความร้อนที่สูญเสียด้วยการสร้างอุปกรณ์ประหยัดพลังงานสำหรับเตาแก๊สหุงต้มและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค [4] โดยเป็นการนำเอาความร้อนที่สูญเสียจากการใช้เตาแก๊สในรูปแบบปกติเปรียบเทียบกับการใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นอีกทั้งยังได้ไฟฟ้าที่ได้จากความร้อนที่สูญเสียออกจากเตาแก๊สอีกด้วย ทำให้เตาแก๊สที่นำมาทดสอบเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนขึ้นร้อยละ 18.58 และช่วยให้ประหยัดพลังงานได้สูงสุดถึงร้อยละ 38.48 จากการพัฒนาการออกแบบอุปกรณ์เสริมที่มีการนำพลังงานความร้อนที่สูญเสียออกจากระบบมาใช้ประโยชน์หรือจากความร้อนที่สูญเสียออกจากระบบกลับมาผลิตเป็นไฟฟ้าซึ่งเป็นการใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่า เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสียของเตาแก๊สด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค โดยใช้เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่มีการใช้แก๊สแอลพีจีสูงสุดไม่เกิน 5.78 กิโลวัตต์ ต่อหัวเตา [5] จากนั้นกำหนดเงื่อนไขของระบบที่สภาวะความดันแก๊สเข้าหัวเตาแก๊ส ความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค (Thermoelectric Generator Unit, TGU) โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพของเตาแก๊สเสียไป

2. ทฤษฎี และขั้นตอนการวิจัย

การศึกษาถึงความร้อนที่ให้กับระบบในรูปอัตราส่วนของความร้อนที่ระบบได้รับกับความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงสามารถหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบ และขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสีย

2.1.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊ส

ในงานวิจัยนี้หาจากค่าความร้อนสัมผัสของน้ำ

(Sensible Heat of Water) รวมกับค่าความร้องแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent Heat of Evaporation) ด้วยวิธีการต้มน้ำมวลเริ่มต้นคงที่จากอุณหภูมิห้องในเวลา 20 นาที แล้ววัดค่ามวลสุดท้ายและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับปริมาณความร้อนที่ได้รับจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (Heat of Combustion) ซึ่งหาได้จากเวลาที่กำหนดและอัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิงแก๊ส นำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนใช้งานของเตาแก๊สดังสมการที่ (3) ที่มาจาก (2) และ (1) ส่วน (4) เป็นการสมดุลมวลเพื่อคำนวณหามวลของไอน้ำ

$$\eta_{th,1} = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100 \quad (1)$$

$$\eta_{th,2} = \frac{\text{Sensible heat + Latemt heat}}{\text{Heat of combustion}} \times 100 \quad (2)$$

$$\eta_{th,3} = \frac{M_{w,i} c_{p,w} (\Delta T) + m_{vp} h_{fg}}{\dot{m}_f LHV(\Delta t)} \times 100 \quad (3)$$

$$m_{vp} = m_{w,i} - m_{w,f} \quad (4)$$

โดยที่

η_{th} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (เปอร์เซ็นต์)
Q_{in} = ความร้อนที่ป้อนให้กับระบบ (จูล)
Q_{out} = ความร้อนที่ระบบได้รับ (จูล)
$m_{w,i}$ = มวลของน้ำที่เริ่มต้น (กิโลกรัม)
$m_{w,f}$ = มวลของน้ำที่สุดท้าย (กิโลกรัม)
m_{vp} = มวลของไอน้ำ (กิโลกรัม)
$c_{p,w}$ = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน)
ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)
h_{fg} = ค่าความร้อนแฝงของน้ำ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
$\dot{m}_f$ = มวลเชื้อเพลิงแก๊ส (กิโลกรัมต่อวินาที)
LHV = ค่าความร้อนทางต่ำของเชื้อเพลิงแก๊ส (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
Δt = เวลาที่ใช้ต้มน้ำ (วินาที)

2.1.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของของเทอร์โมอิเล็กทริค

ประสิทธิภาพเทอร์โมอิเล็กทริคสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5)

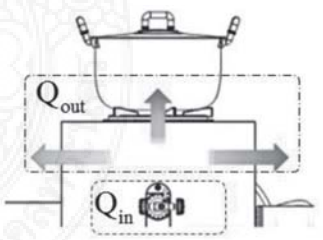
$$\eta_{TEG} = \frac{P_{TEG}}{Q_{gen,ele}} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่

η_{TEG} = ประสิทธิภาพเทอร์โมอิเล็กทริค (เปอร์เซ็นต์)
P_{TEG} = กำลังไฟฟ้าที่วัดจากเทอร์โมอิเล็กทริค (วัตต์)

2.1.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊ส

การผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสียด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค เนื่องจากการประกอบอาหารด้วยเตาแก๊สนั้นภาชนะประกอบอาหาร (Cookware) จะได้รับการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการสันดาปของเชื้อเพลิงแก๊ส (Heat of Combustion) ส่วนหนึ่ง และมีความร้อนบางส่วนสูญเสียออกไป ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นไปตามการสมดุลความร้อน [3] ดังสมการที่ (6) และ (7)



รูปที่ 1 ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของระบบ

$$Q_{in} = Q_{out} \quad (6)$$

$$Q_{in} = Q_{out,bw} + Q_{loss} + Q_{gen,ele} \quad (7)$$

โดยที่

$Q_{out,bw}$ = ความร้อนที่ถ่ายเทสู่ภาชนะ (จูล)
Q_{loss} = ความร้อนที่สูญเสียออกจากระบบ (จูล)
$Q_{gen,ele}$ = ความร้อนที่ให้กับเทอร์โมอิเล็กทริค (จูล)

2.2 ขั้นตอนการวิจัย

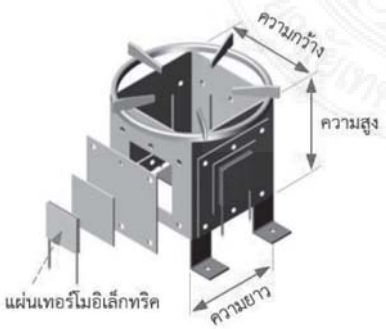
การดำเนินการวิจัยต้องจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยจากนั้นแสดงถึงขั้นตอนในการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 หัวเตาแก๊สเคบี 5 และชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค

1) หัวเตาแก๊สเคบี 5 ทำจากเหล็กหล่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวเตา 13 เซนติเมตร ความยาว 42 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่รองรับภาชนะประกอบอาหาร (Cookware) ขนาด 28 เซนติเมตร และความสูง 13 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2

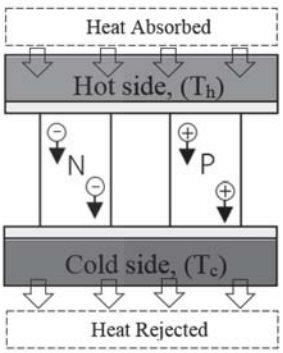
รูปที่ 2 หัวเตาแก๊สเคบี-5

2) ชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค มีโครงสร้างหลักเป็นเหล็กที่สร้างขึ้น ดังรูปที่ 3 มีขนาดความกว้าง x ความยาว เท่ากับ 146x146 มิลลิเมตร ตามลำดับ และความสูง 150 มิลลิเมตร



รูปที่ 3 โครงสร้างชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค

การประกอบชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคที่ด้านข้างทั้ง 4 ด้านจะติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริคเพื่อนำความร้อนมาผลิตเป็นไฟฟ้า โดยมีโครงสร้างของเทอร์โมอิเล็กทริคดังรูปที่ 4



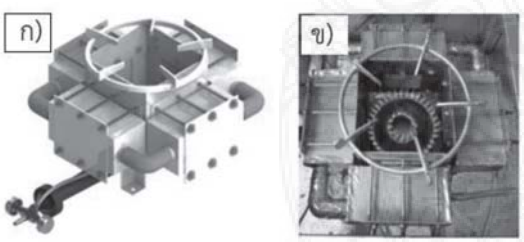
รูปที่ 4 โครงสร้างชุดของเทอร์โมอิเล็กทริค

เทอร์โมอิเล็กทริคประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type Semiconductor) และสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type Semiconductor) สองชนิดคือ สาร N-Type และ P-Type ที่ต่ออนุกรมกันทางไฟฟ้าและต่อขนานกับแหล่งความร้อนที่ให้กับระบบ เมื่อให้ความร้อนแก่ระบบ ความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง (Hot Side) ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ (Cold Side) จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า โดยเทอร์โมอิเล็กทริคในโหมดผลิตไฟฟ้า เรียกว่า Thermoelectric Generator, TEG ซึ่งแรงดันและกำลังไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นตามปรากฏการณ์ซีเบ็ค (Seebeck Effect) และจำนวนของโมดูลหรือรุ่นของเทอร์โมอิเล็กทริคที่นำมาต่อกัน ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เทอร์โมอิเล็กทริครุ่น TEG1-241-1.4-1.2 เนื่องจากข้อมูลของอุณหภูมิด้านรับความร้อนและรับความเย็นอยู่ในช่วงของการทดสอบรวมถึงขนาดที่เหมาะสมกับโครงสร้างชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเทอร์โมอิเล็กทริค

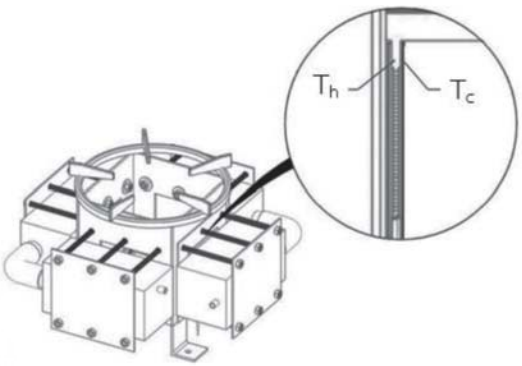
ข้อ	รายละเอียดของเทอร์โมอิเล็กทริค (TEG1-241-1.4-1.2)	
1	ขนาดความกว้าง x ความยาว	55 x 55 มิลลิเมตร
2	อุณหภูมิด้านรับความร้อน	300 องศาเซลเซียส
3	อุณหภูมิด้านรับความเย็น	30 องศาเซลเซียส
4	แรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่ต่อโหลด	17.7 โวลต์
5	แรงดันไฟฟ้าเมื่อต่อโหลด	8.8 โวลต์
6	กระแสไฟฟ้าเมื่อต่อโหลด	2.0 แอมแปร์

การทดสอบติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริค จำนวน 4 โมดูล ที่ต่อกันแบบอนุกรม เนื่องจากเทอร์โมอิเล็กทริค จำนวน 1 โมดูล ไม่สามารถจ่ายแรงดันที่เพียงพอกับโหลดทางไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ดีซี 7 วัตต์ ได้ จากที่ได้กล่าวถึงหัวเตาแก๊สและชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคไปแล้วต่อไปเป็นการประกอบชุดหัวเตาแก๊สเข้ากับชุดกำเนิดไฟฟ้าเพื่อทดสอบการทำงานเบื้องต้น ดังรูปที่ 5

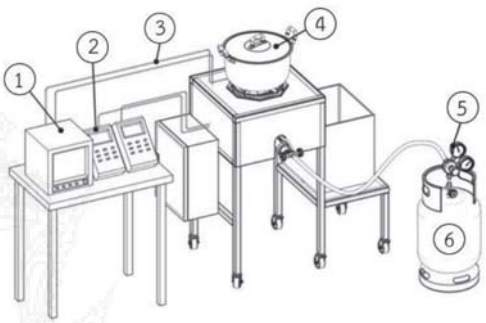


รูปที่ 5 ก) การประกอบหัวเตาแก๊สเคบี-5 กับชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค ข) การทดสอบการทำงานของหัวเตาแก๊ส

โดยการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริคในด้านรับความอุณหภูมิสูงหรือด้านร้อน (Hot Side, T_h) ติดกับผนังของชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคและในด้านรับอุณหภูมิต่ำหรือด้านเย็น (Cold Side, T_c) ติดกับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยติดตั้งตัวแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริค จำนวน 4 ตัว รอบชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 โครงสร้างชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค



1 เครื่องบันทึกอัตโนมัติ
2 เครื่องวัดมัลติมิเตอร์
3 ชุดวัดอุณหภูมิ
4 หม้ออลูมิเนียม
5 เกจวัดความดันแก๊ส
6 ถังแก๊สปิโตรเลียมเหลว

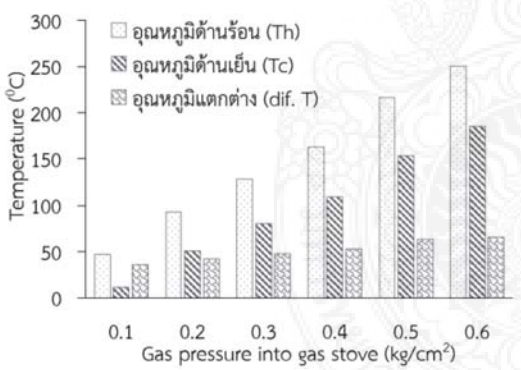
รูปที่ 7 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดสอบ

2.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ รูปแบบการทดสอบเริ่มจากการติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบ ดังรูปที่ 7 จากนั้นชั่งน้ำมวล 2.5 กิโลกรัม ใส่หม้ออลูมิเนียม บันทึกข้อมูลมวลของน้ำอุณหภูมิและมวลของแก๊สก่อนการทดสอบ การทดสอบใช้การกำหนดเงื่อนไขสภาวะความดันแก๊สเข้าหัวเตาแก๊ส เป็น 0.1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และปรับลิ้นควบคุมอากาศ 100 เปอร์เซ็นต์ (เปิดสุด) จากนั้นจุดเตาแก๊สและปรับลิ้นควบคุมแก๊สที่ 29 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสียของเตาแก๊สด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค แบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคไม่ต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้า (Electrical Load) และต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้า

การทดสอบในแต่ละครั้งจับเวลาในการทดสอบ 20 นาที (เป็นเวลาที่ค่าปริมาณทางไฟฟ้าเข้าสู่สภาวะคงที่) จากนั้นบันทึกข้อมูลมวลของน้ำอุณหภูมิและมวลของแก๊สหลังการทดสอบ ทำการเปลี่ยนสภาวะความดันแก๊สเข้าหัวเตาแก๊สเป็น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และดำเนินการทดสอบดังกล่าวข้างต้น

3. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

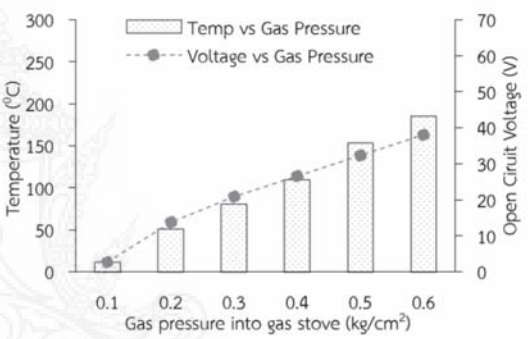
ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ ชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคไม่ต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้าและต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้า มีรายละเอียดการทดสอบดังรูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของแผ่นเทอร์ โมอิเล็กทริคที่รับอุณหภูมิด้านร้อน (Th) และอุณหภูมิด้านเย็นรวมถึงค่าอุณหภูมิแตกต่าง (dif. T) กับความดันแก๊สเข้าหัวเตาแก๊ส



รูปที่ 8 ผลของอุณหภูมิแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริค กับสภาวะความดันแก๊ส 0.1-0.6 kg/cm^2

เมื่อปรับสภาวะความดันจาก 0.1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำให้เกิดความร้อนสูญเสียที่ถ่ายเทออกจากระบบทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิด้านร้อนกับด้านเย็นเป็น 11.2 องศาเซลเซียส และที่สภาวะความดัน 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เกิดการสูญเสียที่ทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิด้านร้อนกับด้านเย็นเป็น 5.1, 80.3, 109.6, 153.2 และ 185 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับความดันของแก๊สให้มีค่าสูงขึ้นทำให้อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิงแก๊สเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดการเผาไหม้สามารถให้ความร้อนกับระบบมากขึ้นแต่เกิดการสูญเสียความร้อนออกจากระบบเช่นกัน ดังแสดงด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่เกิดจากผลต่างของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริค ที่ติดตั้งในชุดกำเนิดไฟฟ้า

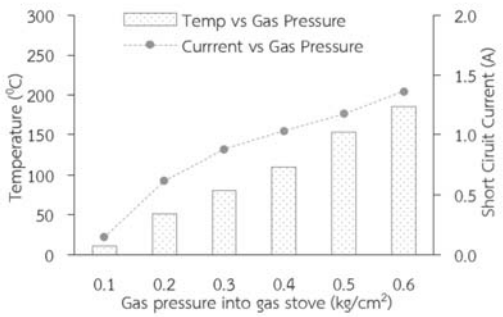
3.1 กรณีชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค ไม่ต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้า



รูปที่ 9 ปริมาณแรงดันไฟฟ้ากับค่าอุณหภูมิแตกต่าง ที่สภาวะความดันแก๊ส 0.1-0.6 kg/cm^2

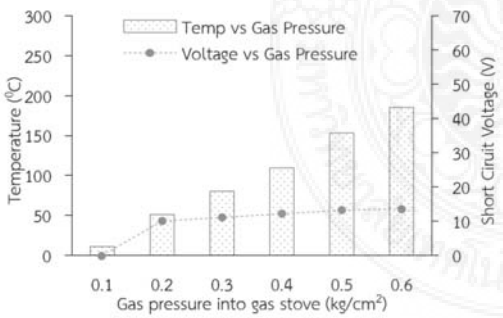
จากการสูญเสียความร้อนออกจากระบบ เมื่อทำการ วัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ด้านรับความร้อนและด้านระบายความร้อนที่มีแนวโน้มสูงขึ้นแปรผันตามกับสภาวะความดันแก๊ส ในกรณีชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์ โมอิเล็กทริคไม่ต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้า จากการวัดแรงดันไฟฟ้าของชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริคมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่แตกต่างสูงขึ้น โดยมีค่าสูงสุดเป็น 38.1 โวลต์ ดังรูปที่ 9 ทั้งนี้ภาระทางไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบเป็นหลอดไฟแอลอีดีขนาด 12 โวลต์ 7 วัตต์ ผลการทดสอบดังแสดงในการณีศึกษาต่อไป

3.2 กรณีชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้า

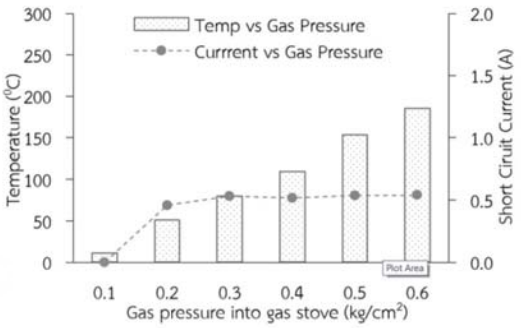


รูปที่ 10 ปริมาณกระแสไฟฟ้ากับค่าอุณหภูมิแตกต่าง

ที่สภาวะความดันแก๊ส 0.1-0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ปิดสวิตช์) จากรูปที่ 11 แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่าอุณหภูมิแตกต่างที่สภาวะความดันแก๊ส 0.1-0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อปิดสวิตช์ภาระทางไฟฟ้าวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ 1.4 แอมแปร์ จากนั้นเมื่อเปิดสวิตช์ภาระทางไฟฟ้า



รูปที่ 11 ปริมาณแรงดันไฟฟ้ากับค่าอุณหภูมิแตกต่างที่สภาวะความดันแก๊ส 0.1-0.6 kg/cm^2



รูปที่ 12 ปริมาณกระแสไฟฟ้ากับค่าอุณหภูมิแตกต่างที่สภาวะความดันแก๊ส 0.1-0.6 kg/cm^2 (เปิดสวิตช์)

กรณีต่อชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคเข้ากับภาระทางไฟฟ้า จากรูปที่ 11 และ 12 แสดงปริมาณแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเริ่มเพิ่มขึ้นจาก 0 โวลต์ เป็น 10.8 โวลต์ และจาก 0 แอมแปร์ เป็น 0.5 แอมแปร์ ที่ความดันแก๊สเป็น 0.1 และ 0.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในช่วงนี้ชุดกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถผลิตหรือจ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่เพียงพอกับภาระทางไฟฟ้าได้ทำให้หลอดไฟแอลอีดีไม่สามารถทำงานได้ แต่ที่ช่วงความดันแก๊สเป็น 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ชุดกำเนิดไฟฟ้าสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เพียงพอทำให้หลอดไฟแอลอีดีทำงานได้ด้วยการติดสว่าง เนื่องจากในช่วงความดังกล่าวความร้อนที่สูญเสียจากเตาแก๊สถูกถ่ายเทความร้อนผ่านชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคทำให้อุณหภูมิด้านรับความร้อนและด้านรับความเย็นมีความแตกต่างอุณหภูมิในช่วง 185 องศาเซลเซียส ถึง 51.1 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถทำให้ชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอกับภาระทางไฟฟ้า นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความแตกต่างของอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริคที่ต่ำกว่า 50.1 องศาเซลเซียส ที่ความดันแก๊สเป็น 0.1 และ 0.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ไม่สามารถทำให้เกิดแรงดันและกระแสไฟฟ้าเพียงพอต่อการต่อกับภาระทางไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ 7 วัตต์ ได้ และจากการบันทึกข้อมูลการทดสอบสามารถหาสัดส่วนพลังงานความร้อนของระบบ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงสัดส่วนพลังงานความร้อนของระบบ

ความร้อนของระบบ	หน่วยกิโลวัตต์ (kW)	ปริมาณความร้อนของระบบ (%)
ความร้อนที่ป้อนให้กับระบบ (Q_{in})	5.55	100
ความร้อนที่ระบบได้รับ (Q_{out})	1.54	27.7
ความร้อนที่สูญเสียออกจากระบบ (Q_{loss})	3.04	54.6
ความร้อนที่ให้กับเทอร์โมอิเล็กทริค ($Q_{gen,ele}$)	0.97	17.5
ประสิทธิภาพเทอร์โมอิเล็กทริค (η_{TEG})		5.3
ประสิทธิภาพเตาแก๊สที่ติดตั้งชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริค (η_{th})		28.7

4. สรุป

ผลการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสียของเตาแก๊สด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์ โมอิเล็กทริค ที่มีการทดสอบการผลิตไฟฟ้าด้วยการวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าในกรณีที่ไม่มีการต่อกับภาระทางไฟฟ้าและมีการต่อกับภาระทางไฟฟ้า มีดังนี้

4.1 กรณีไม่ต่อกับภาระทางไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคมีค่าสูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านร้อนกับด้านเย็นที่มีการระบายความร้อน และแปรผันตามกับสภาวะความดันแก๊ส โดยมีค่าสูงสุดที่ 38.1 โวลต์

4.2 กรณีต่อกับภาระทางไฟฟ้า ค่าแรงดันและกระแสสูงสุดเป็น 38.1 โวลต์ ที่ 1.4 แอมแปร์ คิดเป็น 53.3 วัตต์ โดยในช่วงของค่าอุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านร้อนกับด้านเย็นที่มีการระบายความร้อน เมื่อต่ำกว่า 50.1 องศาเซลเซียส ที่สภาวะความดันแก๊สเป็น 0.1 และ 0.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าได้ แต่ที่สภาวะความดันแก๊สเป็น 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถผลิตไฟฟ้าเพียงพอต่อการจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อพิจารณาสัดส่วนความร้อนของระบบพบว่าความร้อนที่สูญเสียออกจากระบบปริมาณร้อยละ 54.6 นำมาใช้เพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริคปริมาณร้อยละ 17.5 และมีประสิทธิภาพเทอร์โมอิเล็กทริคเป็น 5.3 เปอร์เซ็นต์

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และห้องทดสอบการประลองทางวิศวกรรม ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Energy Policy and Planning Office. (2017, June-July). EPPO NEWS. [Online]. Available: https://issuu.com/eppojournal/docs/eppo_journal_120

[2] J. Jarin and M. Anirut, "Thermal Efficiency Improvement of Household Cooking Burner by Porous Radiant Recirculated Cover," in *Proceeding of the 23th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand*, The Imperial mae ping hotel, Chiang Mai Province, November 4-7, 2009, AEC-006248, pp. 1-8.

[3] Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Thermodynamics*: *An Engineering Approach,* 4th ed. Boston: McGraw-Hill, 2002.

[4] T. Panklip, "Energy Saving Equipment for Cooking Stove with Thermoelecric

Generator," *Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, vol. 5, no. 2, pp. 49-57, 2014.

[5] Thai Industrial Standards Institute (TISI). (2550). TIS.2312-2549. [Online]. Available: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2550/E/040/17.PDF

[6] J. Jenjit and A. Matthujak, "Effect of Porous Medium Installed in Porous Radiant Recirculated Coveron Thermal Efficiency of Household Cooking Burner," in *Proceeding of the 6th Conference on Energy Network of Thailand*, The Empress Hotel, May 5-7, 2010, pp. 1-7.