



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาหุงต้ม
ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล
Feasibility Study of Increasing the Efficiency of the Stove
Cooking with Thermoelectric Module

ดร.อาภาภรณ์ สกฤตการะเวก

RCH
ค 634ก
2556

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 137293
รับเดือน.ปี 2 2 58 2558

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง
หากมีการนำไปใช้

12619139
b
i

ชื่อโครงการ การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาหุงต้มด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล...
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้.....

ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2555 ถึง 30 กันยายน 2556 /

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

อภิปกรณ์ สกุลการะเวก สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง.....

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัญหาการขาดการไฟฟ้าในพื้นที่ชนบทของประเทศกำลังพัฒนา ทำให้ประชาชนไม่ได้รับความสะดวก ไม่ปลอดภัย และไม่ได้รับข้อมูลข่าวสาร โดยทั่วไปประชาชนต้องการพลังงานไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยสำหรับการดำเนินชีวิตประจำวัน เช่น ไฟฟ้าส่องสว่าง พัดลม วิทยุขนาดเล็ก เป็นต้น การแก้ปัญหาที่ยั่งยืนคือ ประชาชนจะต้องสามารถผลิตไฟฟ้าใช้เองได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การเปลี่ยนความร้อนเหลือทิ้งจากเตาหุงต้ม เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ในงานวิจัยนี้ ระบบไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกถูกออกแบบและสร้างเพื่อผลิตไฟฟ้าจากเตาหุงต้มที่ใช้ในประเทศไทย เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลขนาด 3.5×3.5 ตารางเซนติเมตร ถูกต่ออยู่กับพัดลม (ด้านเย็น) และติดกับผนังของเตา (ด้านร้อน) กล้องอินฟราเรดถูกใช้เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกพบว่า อุณหภูมิสูงสุดของผนังด้านร้อนมีค่าเท่ากับ 400 องศาเซลเซียส กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น ถูกเก็บรวบรวมที่ฟังก์ชันของความต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและเย็น เมื่ออุณหภูมิด้านร้อนประมาณ 180 องศาเซลเซียส สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1.6 วัตต์ ในการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อน พลังงานไฟฟ้าบางส่วนที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริกถูกนำไปใช้ในการขับเคลื่อนพัดลมขนาดเล็กที่อยู่ด้านข้างของเตา ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น 8 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการลดการสูญเสียเชื้อเพลิงในช่วงแรก จากผลที่กล่าวมาชี้ให้เห็นว่า การผลิตไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกมีความเป็นไปได้ ที่จะเปลี่ยนความร้อนเหลือทิ้งและปรับปรุงคุณสมบัติเชิงความร้อนของเตา

คำสำคัญ : เทอร์โมอิเล็กทริก, เตาหุงต้ม, ความร้อนเหลือทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Feasibility study of increasing the efficiency of the stove cooking with Thermoelectric module

Researcher: Aparporn Sakulkalavek

Faculty: Science **Department:** Physics

ABSTRACT

Owing to the lack access to electricity in rural area of developing counties, people are missing the convenient ,safety and information. In general, people need only a few electrical powers for basic requirement in daily life such as light, fan and portable radio. A sustainable approach to solve this problem is that that people should generate electrical power by themselves from daily activities such as a conversion of waste heat from the cooking stove. Thermoelectric (TE) generator is a device that can convert heat into the electricity. In this work, TE generator was designed and constructed for generating electrical power from Thai cooking stove. A TE module of $3.5 \times 3.5 \text{ cm}^2$ was connected with force air (cool side) and attached with the stove wall (hot side). The IR camera was employed to find the proper area for installing the TE generator. The highest temperature is about $400 \text{ }^\circ\text{C}$ on the hot side wall. The generating current and voltage were collected with respected to the temperature difference between hot and cool side. At the temperature difference $180 \text{ }^\circ\text{C}$ the TE generator produces electrical power nearly 1.6 W. In order to improve the thermal efficiency, some electrical power of TE generator was bring to drive a small fan. The thermal efficiency increases up to 8% due to the reduction of charcoal loss at the initial stage. This result suggests that the TE generator has feasibility to convert waste heat and improve the thermal efficiency of cooking stove.

Keywords: Thermoelectric (TE), cooking stove, waste heat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน เงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือ หรือ ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัย จนผู้วิจัยสามารถนำความรู้มาใช้ในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จ

ขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือด้านเอกสารในการทำวิจัยครั้งนี้

อาภาภรณ์ สกฤตการะเวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	1
1.5 สมมุติฐานงานวิจัย (ถ้ามี)	2
1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย (ถ้ามี)	2
1.7 คำสำคัญของการวิจัย (ถ้ามี)	2
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.9 นิยามศัพท์เฉพาะ (ถ้ามี)	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	7
3.1 การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	7
3.2 การสร้างอุปกรณ์ในงานวิจัย	7
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	9
บทที่ 4 ผลการวิจัย	11
4.1 ทหา Temperature profile และอุณหภูมิการใช้งานของเตาหุงต้ม	11
4.2 ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูล	14
4.3 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูล เมื่อใช้แหล่งความร้อนจากเตาหุงต้ม	17
4.4 การทดสอบผลของน็อดที่ใช้ยึดระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมกับฮีตซิงค์	19
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	23
เอกสารอ้างอิง	
ประวัติคณะวิจัย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการเปลี่ยนความร้อนเหลือทิ้งจากเตาหุงต้มเป็นไฟฟ้า โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลและแหล่งระบายความร้อนต่างๆ	6
4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริกสโมดูลที่มาจากผู้ผล	14
4.2 อุณหภูมิต้านร้อนและเย็นของ TEHP1-24156-1.2 เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้า 10 วัตต์	15
4.3 อุณหภูมิต้านเย็น ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่อ กำหนดอุณหภูมิต้านร้อนตั้งแต่ 150°C ถึง 250°C โดยระบบต่อกับความต้านทาน 3Ω และ ไม่มีน็อตเชื่อมระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมกับฮีตซิงค์	19
4.4 อุณหภูมิต้านเย็น ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่อ กำหนดอุณหภูมิต้านร้อนตั้งแต่ 150°C ถึง 250°C โดยระบบต่อกับความต้านทาน 3Ω และมีน็อตเชื่อมระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมกับฮีตซิงค์	20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	3
2.2 ภาพตัดขวางแสดงโหมตผลิตรกระแสไฟฟ้าและโหมตผลิตความเย็นด้วยกระแสไฟฟ้า	4
2.3 แผนภาพแสดงกระบวนการเปลี่ยนความร้อนเป็นฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	5
3.1 เตาหุงต้มที่เจาะด้านข้างเพื่อประกอบเข้ากับระบบเทอร์โมอิเล็กทริก	7
3.2 แผ่นอลูมิเนียมสำหรับวางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	8
3.3 การเจาะรูบน Heat sink	8
3.4 ระบบระบายความร้อนประกอบด้วย Heat sink และพัดลม	9
4.1 เตาซูเปอร์ฮีตติ้ง	11
4.2 Temperature profile ของเตาหุงต้ม	12
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเก็บอุณหภูมิของเตาขณะเกิดการเผาไหม้	13
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิเมื่อใช้และไม่ใช้พัดลม เมื่อใช้ถ่าน 300 กรัม	14
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิเมื่อใช้และไม่ใช้พัดลม เมื่อใช้ถ่าน 400 กรัม	15
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิเมื่อใช้และไม่ใช้พัดลม เมื่อใช้ถ่าน 700 กรัม	16
4.7 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลรุ่น TEHP1-24156-1.2 ซึ่งด้านนอกประกอบไปด้วยแกรไฟต์ (สีดำ) ทำให้การส่งผ่านความร้อนดีขึ้น	17
4.8 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นมีค่าต่างๆ	18
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายนอกกับกำลังไฟฟ้าเพื่อหาสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	18
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ได้กับเวลา	21
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิทางด้านร้อน	22
4.12 กำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่ออุณหภูมิด้านร้อนมีค่าตั้งแต่ 100°C ถึง 800°C	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยพลังงานความร้อนส่วนใหญ่จะมาจากดวงอาทิตย์ ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง หรือความร้อนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามภายในครัวเรือนของเราเองก็ยังมีความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมา ซึ่งเราละเลยมันไป ทั้งจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น ลมร้อนเครื่องปรับอากาศและแผงระบายความร้อนของตู้เย็น หรือกิจกรรมภายในครัวเรือน เช่น การประกอบอาหารจากเตาแก๊สขุ่ขุ่ต้ม, เตาถ่าน และการเผาขยะ ซึ่งพลังงานความร้อนส่วนนี้ถูกทิ้งไปทุก ๆ วัน จึงเป็นที่มาของแนวคิดของงานวิจัยที่นำพลังงานความร้อนภายในครัวเรือนที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์มาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า

ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาและออกแบบระบบเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเตา โดยจะเน้นเป็นระบบเตาหุงต้มจากถ่านเนื่องจากเป็นระบบขนาดเล็กและมีใช้แพร่หลายในครัวเรือนต่างจังหวัด โดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากการเตาหุงต้มมาเปลี่ยนเป็นไฟฟ้าแล้วไปขับเคลื่อนพัดลมขนาดเล็กเพื่อให้พัดลมช่วยเพิ่มอากาศให้กับเตาหุงต้มซึ่งจะทำให้ระบบการเผาดีขึ้น ลดการปลดปล่อย CO และลดการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งสิ่งที่สำคัญของกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ คือ การควบคุมปริมาณอากาศที่เข้าไปยังเตาเชื้อเพลิงให้เหมาะสมซึ่งจะทำให้ใช้เชื้อเพลิงได้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยทั่วไปเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบหลักคือ คาร์บอน เมื่อเผาไหม้ร่วมกับออกซิเจนในอากาศที่สมบูรณ์ จะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา แต่ถ้าหากออกซิเจนไม่เพียงพอจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ การควบคุมการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอกในการป้อนอากาศเข้าสู่เตาเชื้อเพลิงซึ่งทำให้ต้องสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ต้องการใช้พลังงานความร้อนที่เหลือทิ้งจากเตาเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลและเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเตาหุงต้ม และลดการใช้เชื้อเพลิง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ออกแบบและประดิษฐ์ระบบผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล
- 1.3.2 ทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริก

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

เดือนที่ 1-2 เป้าหมาย คือ ได้รูปแบบของเตาหุงต้ม รู้ temperature profile ของเตาหุงต้ม เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล และรู้อุณหภูมิสูงสุดของเตาหุงต้ม

1. ออกแบบระบบเตาหุงต้ม
2. หา temperature profile ของเตาโดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง IR camera
3. หาอุณหภูมิของเตาโดยการใช้ถ่านปริมาณ 250 กรัม 400 กรัม และ 700 กรัม

เดือนที่ 3-4 เป้าหมาย คือ ได้ข้อมูลคุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริกและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริก

1. เลือกเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน คือ ความต้านทานภายในกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ เมื่อกำหนดอุณหภูมิต้านร้อนเป็น 150 170 190 210 230 และ 250

เดือนที่ 5-7 เป้าหมาย คือ ประกอบระบบเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลเข้ากับเตาหุงต้ม วัดกำลังไฟฟ้าที่ได้ และหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพของเตา

1. นำระบบผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกประกอบกับเตาหุงต้ม
2. จุไฟโดยใช้ถ่าน 400 กรัม วัดกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ตกรวมโหลดที่เหมาะสม คำนวณกำลังไฟฟ้า
3. นำไฟฟ้าบางส่วนไปขับเคลื่อนพัดลมขนาดเล็กแล้วพัดเอาลมเข้าเตาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้
4. คำนวณประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น
5. สรุปและเสนอแนะผลการทดลอง
6. เขียนบทความวิชาการเข้าร่วมงานประชุม Siam Physics Congress 2013

(SPC 2013)

1.5 สมมุติฐานงานวิจัย (ถ้ามี)

-

1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีกรอบแนวความคิดที่สำคัญ 2 ประการคือ

- 1.6.1 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลที่เลือกใช้ต้องสามารถทนอุณหภูมิได้สูงกว่า $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ เพื่อให้สามารถใช้กับเตาหุงต้มได้
- 1.6.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพของเตา จะใช้พัดลมขนาดเล็กพัดเอาลมเข้าไปด้านหน้าของเตา คล้ายกับการเอาพัดมาพัด เพื่อเพิ่มออกซิเจน โดยดาร์ปด้วยพัดลมจะทำในช่วงแรกเท่านั้น คือช่วงที่อุณหภูมิของเตาไม่เกิน $100\text{ }^{\circ}\text{C}$

1.7 คำสำคัญของการวิจัย (ถ้ามี)

-

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เสนอผลงานวิจัยในการประชุม Siam Physics Congress 2013 (SPC 2013)
 - ผลิตนักวิจัยรุ่นใหม่ที่สามารถต่อยอดงานวิจัยเดิมจนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์
- อย่างเป็นรูปธรรม

1.9 นิยามศัพท์เฉพาะ (ถ้ามี)

-

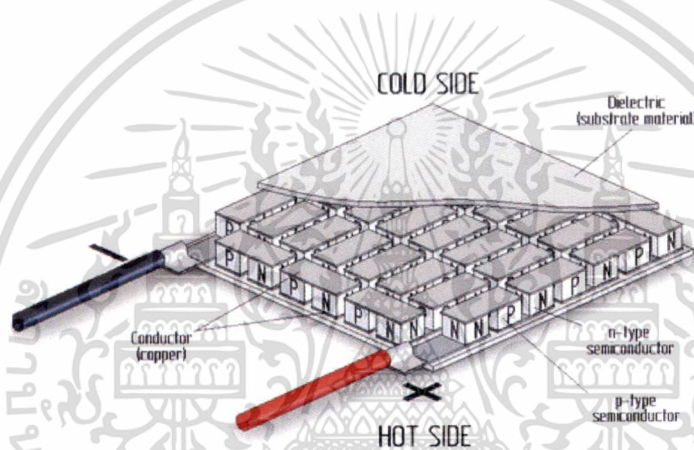
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนวรรณกรรม

2.1 แนวคิด ทฤษฎีหลักตามประเด็นให้ครอบคลุมเรื่องที่วิจัย

การประกอบ “วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก” ให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำไปใช้งานเป็นแหล่งพลังงานได้ เรียกว่า “เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล (Thermoelectric module)” เริ่มต้นจากการนำวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก ชนิดเอ็น (N type) และชนิดพี (P type) ขึ้นเล็กๆ มาต่อกันเป็นคู่ๆ โดยวางสลับกัน และมีโลหะขนาดเล็กเชื่อมต่อทั้งคู่เข้าด้วยกัน ซึ่งแต่ละคู่ที่ต่อกันจะมีการเชื่อมต่อกันแบบอนุกรมทางไฟฟ้าตั้งแต่ตัวแรกถึงตัวสุดท้าย เมื่อนำมาต่อเข้ากับโหลด (Load) หากมีกระแสไฟฟ้าไหลก็จะครบวงจรพอดี ที่ด้านบนและด้านล่างถูกประกบด้วยแผ่นเซรามิก ปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่โมดูลผลิตได้เนื่องจากความต่างของอุณหภูมิระหว่างแผ่นด้านบนและด้านล่างขึ้นอยู่กับจำนวนคู่ของ เอ็น-พี ในโมดูลนั้น



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

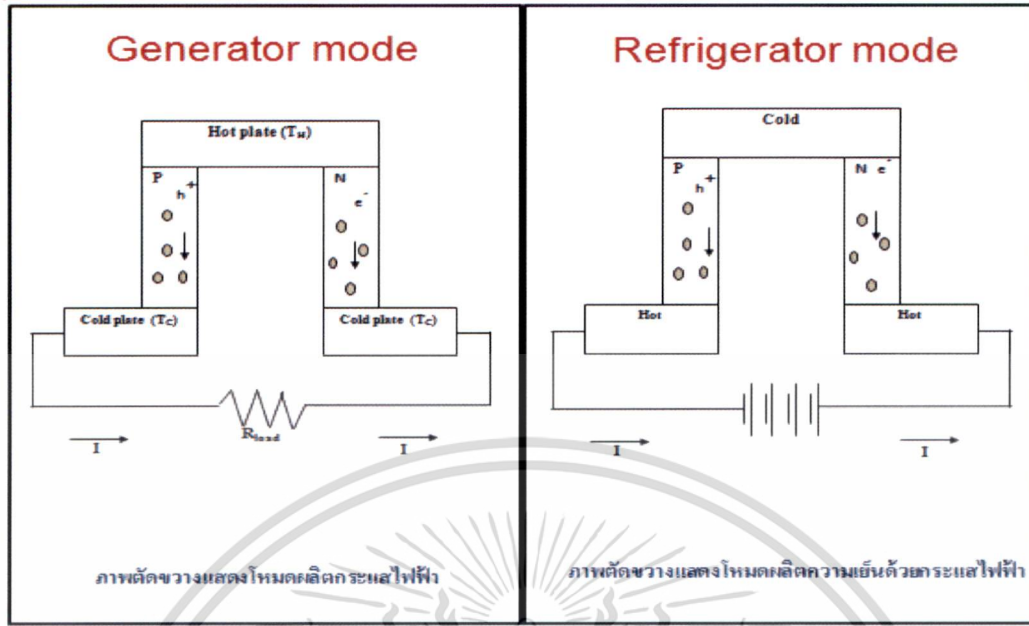
ที่มา : <http://www.kryotherm.ru>

การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล แบ่งเป็น 2 โหมดดังนี้ โหมดแรก เรียกว่า “โหมดผลิตไฟฟ้า (Generator mode)” โดยให้ความต่างของอุณหภูมิตั้งแต่ด้านบนและด้านล่างทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลเนื่องจากพาหะเอ็นและพีในสารกึ่งตัวนำเหล่านั้น ในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นซึ่งมีพาหะข้างมากเป็นอิเล็กตรอน (Electron) หรือประจุลบ เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่าง การไหลของความร้อนจะทำให้เกิดการไหลของพาหะข้างมากเหล่านั้น อิเล็กตรอนจะไหลจากผิวด้านบนไปสู่ด้านล่าง ส่วนในสารกึ่งตัวนำชนิดพี มีพาหะข้างมากเป็นโฮล (Hole) หรือประจุบวก เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่าง โฮลก็จะไหลจากผิวด้านบนไปด้านล่างเช่นเดียวกัน ดังนั้นทิศทางของกระแสไฟฟ้าในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจึงไหลตามกันไปทิศเดียวกัน

ส่วนการทำงานอีกโหมดหนึ่งในทางกลับกัน เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจะทำให้เกิดความร้อนและความเย็นเกิดขึ้นที่ผิวด้านบนและด้านล่าง เรียกว่า “โหมดผลิตความเย็นด้วยไฟฟ้า (Refrigerator mode)” เมื่อมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอก เช่น แบตเตอรี่จะทำให้เกิดความแตกต่างของความร้อนและความเย็นที่ผิวแต่ละด้าน เนื่องจากการกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของพาหะข้างมากซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดการนำความร้อนจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 ภาพตัดขวางแสดงโหมตผลิตรกระแสไฟฟ้าและโหมตผลิตความเย็นด้วยกระแสไฟฟ้า

“เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล” ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้แล้วในต่างประเทศที่มีอากาศหนาว เช่น โหมตผลิตรกระแสไฟฟ้า สามารถนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลด้านหนึ่งมาประกบเข้ากับแหล่งความร้อนที่สูญเสียต่างๆ เช่น เครื่องจักร เครื่องยนต์ประเภทใช้ได้ทั้งไฟฟ้าและน้ำมัน (Hybrid) ท่อไอเสีย คอมเพรสเซอร์แอร์ เตาความร้อน หรือแม้แต่บนดาวเทียม ที่ผิวอีกด้านหนึ่งของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลอากาศเย็นกว่า ก็จะเปลี่ยนรูปพลังงานความร้อนที่เหลือทิ้งนี้เป็นพลังงานไฟฟ้า

ประสิทธิภาพของโหมตผลิตรกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\eta = \frac{P_o}{q_H} \tag{1}$$

q_H คือ energy flux ที่ไหลเข้าไปในระบบ สามารถคำนวณได้จาก

$$q_H = K\Delta T + ST_H I - \frac{I^2 r}{2} \tag{2}$$

S คือ ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค, K คือ ค่าสภาพการนำความร้อน และ r คือ ความต้านทานภายในของโมดูล P_o คือ กำลังไฟฟ้าที่ได้ สามารถคำนวณได้จาก

$$P_o = I^2 R_{load} \tag{3}$$

โดยที่ I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

$$I = \frac{S\Delta T}{R + R_{load}} \tag{5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

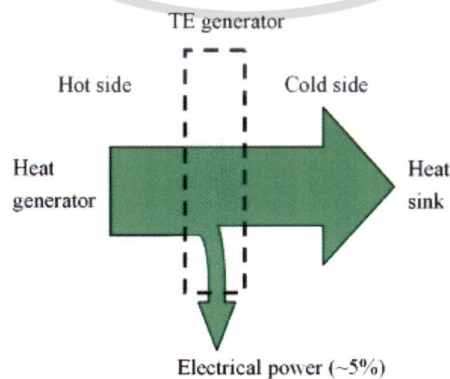
ดังนั้น

$$\eta = \frac{I^2 R_{load}}{K\Delta T + ST_H I - \frac{I^2 r}{2}} \quad (6)$$

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนวรรณกรรม

ในพื้นที่ชนบทของประเทศที่กำลังพัฒนา ประชากรประมาณ 90% ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะใช้ในระบบเตาหุงต้มเพื่อประกอบอาหาร ซึ่งรูปแบบของเตาหุงต้มที่ใช้ส่วนใหญ่จะมีประสิทธิภาพต่ำ [1] Bhattacharya และคณะ [2] ได้ศึกษารูปแบบของเตาหุงต้มที่ใช้ในประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชีย เช่น ไทย ลาว เวียดนาม มาเลเซีย อินเดีย เป็นต้น พบว่าในทุกๆ ประเทศจะมีเตาหุงต้มแบบดั้งเดิมซึ่งจะมีประสิทธิภาพต่ำ (คำนวณจากสมการที่ 1) อีกทั้งยังปลดปล่อยคาร์บอนออกมาในปริมาณมาก โดยในแต่ละประเทศจะมีการปรับปรุงเตาหุงต้มแบบดั้งเดิมให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ซึ่งการปรับปรุงจะเน้นการเพิ่มช่องเปิดเพื่อให้อากาศสามารถเข้าไปในเตาได้มากขึ้น และการเพิ่มฉนวนความร้อนที่หุ้มด้านนอกเตาเพื่อลดการสูญเสียความร้อนถึงอย่างไรก็ตาม เตาหุงต้มของไทยก็มีประสิทธิภาพที่ประมาณ 11% ถึง 18% ซึ่งถือว่าต่ำเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ

องค์การ ‘Planete Bois’ ของประเทศฝรั่งเศส ได้วิจัยและพัฒนาระบบเพื่อสามารถนำความร้อนที่เกิดขึ้นจากเตาหุงต้มมาผลิตเป็นไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก [3] Nuwayhid และคณะ [4] ศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำความร้อนประมาณ 20 ถึง 50 kW ที่ได้จากการหุงต้มมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าประมาณ 10 ถึง 100 W โดยต้นแบบแรกที่ศึกษาพบว่าสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในอัตรา 1 W ซึ่งน้อยมาก เนื่องจากโมดูลที่เลือกใช้เป็นแบบที่มีคุณภาพต่ำ จึงมีข้อจำกัดด้านผลต่างของอุณหภูมิ ต่อมาเมื่อเปลี่ยนมาใช้โมดูลที่มีคุณภาพสูงขึ้น จำนวน 1, 2 และ 3 โมดูล โดยใช้สิ่งแวดลอมทำหน้าที่เป็นแหล่งระบายความร้อน พบว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ในอัตรา 4.2 W ต่อโมดูลและกำลังไฟฟ้าต่อโมดูลลดลงเมื่อจำนวนโมดูลที่ใช้มากขึ้น เนื่องจากผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นลดลง ผู้วิจัยได้แนะนำระบบระบายความร้อนเป็นท่อระบายความร้อน (heat pipe) ซึ่งคาดว่าจะทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงขึ้น Lertsatitthannkorn [5] นำเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์กับเตาหุงต้มเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับพื้นที่ชนบท โดยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในอัตรา 2.4 W เมื่อความต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 150°C ซึ่งปริมาณไฟฟ้าที่ได้เพียงพอที่นำไปใช้สำหรับระบบไฟส่องสว่างและวิทยุขนาดเล็ก กระบวนการเปลี่ยนความร้อนเป็นไฟฟ้าแสดงดังแผนภาพ



ภาพที่ 2.3 แผนภาพแสดงกระบวนการเปลี่ยนความร้อนเป็นฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 2.3 พบว่าระบบการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกจะให้ประสิทธิภาพที่ด้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาประดิษฐ์เป็นโมดูลแล้ว ยังขึ้นอยู่กับ การออกแบบระบบระบายความร้อน (heat sink) ซึ่งถ้าการระบายความร้อนดีจะทำให้ความสามารถในการเปลี่ยนความร้อนเป็นไฟฟ้าดีขึ้น ตารางที่ 1.1 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมาใช้ในระบบเตาหุงต้ม ซึ่งข้อมูลได้จากงานวิจัยต่างๆ

ตารางที่ 2.1 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการเปลี่ยนความร้อนเหลือทิ้งจากเตาหุงต้มเป็นไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลและแหล่งระบายความร้อนต่างๆ

ผู้วิจัย	ระบบระบายความร้อน (heat sink)	กำลังไฟฟ้าที่ได้ต่อโมดูล (W)
Nuwayhid et al., 2003 [4]	Natural air cooling	1
Nuwayhid et al., 2005 [6]	Natural air cooling	4.2
Nuwayhid and Hamade., 2005 [7]	Natural air cooling	3.4
Lertsatitthannkorn, 2007 [5]	Natural air cooling	2.4
Mastbergen and Wilson, 2007 [8]	Forced air cooling (1 W)	4
“BioLite” 2009 [9]	Forced air cooling (1 W)	1-2
Champier et al. “TEGBios” 2009 [10]	Water cooling	5
Rinalde et al., 2010 [11]	Forced water cooling	10

ข้อดีของการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้กับระบบเตาหุงต้ม คือ

1. ความร้อนที่ใช้สำหรับเปลี่ยนเป็นไฟฟ้าเป็นความร้อนที่ได้โดยตรงจากเตาหุงต้ม ซึ่งไม่จำเป็นต้องนำความร้อนภายนอกมาเพิ่มอีก
2. การดูแลรักษาง่าย เนื่องจากไม่มีชิ้นส่วนที่ซับซ้อนหรือไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่และไม่มีเสียงดัง
3. การใช้งานจะใช้ได้ตลอดเวลาที่มีการประกอบอาหารซึ่งอาจจะเป็นช่วงเช้าหรือช่วงเย็น ในทุกสภาพอากาศ จึงเป็นข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากเตาหุงต้มมาเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า โดยไฟฟ้าบางส่วนจะถูกนำขับเคลื่อนพัดลมขนาดเล็กเพื่อพัดเอาอากาศเข้าสู่เตา ทำให้ระบบการเผาไหม้ดีขึ้น จึงลดการใช้เชื้อเพลิง ไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมาผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากเตาหุงต้ม และปรับปรุงประสิทธิภาพเตาหุงต้ม ผู้วิจัยได้ออกแบบอุปกรณ์แสดงการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบอุปกรณ์เพื่อแสดงถึงส่วนให้ความร้อน (เตาหุงต้ม) ส่วนผลิตกระแสไฟฟ้า และส่วนระบายความร้อน โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจาก 2 บริษัท ติดเข้ากับแผ่นอลูมิเนียมในแนวกึ่งกลางแล้วใช้ Heat sink และพัดลม เป็นแหล่งระบายความร้อน

3.2 การสร้างอุปกรณ์ในงานวิจัย

3.2.1 ส่วนให้ความร้อน

เตาหุงต้ม โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้เตาซูปเปอร์อั้งโล่ เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ทำจากดินปั้นเตาคุณภาพดีทนทานกว่าเตาหุงต้มแบบธรรมดา อายุการใช้งานเฉลี่ย 2 ปี นอกจากการใช้งานและค่าความร้อนเพื่อใช้หุงต้มที่เหนือกว่าแล้ว เตาซูปเปอร์อั้งโล่ยังช่วยลดมลพิษจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเตาธรรมดา ซึ่งเป็นอันตรายต่อแม่บ้านและอากาศในชุมชน โดยหุงต้มแบบไร้ควันเนื่องจากเผาไหม้สมบูรณ์ ไม่ทิ้งสารตกค้างจากการใช้งาน และจากการให้ค่าความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูง เตรียมสำหรับยึดชุดอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยการเจาะเตาให้มีขนาดกว้าง 12.0 เซนติเมตรลึก 12.0 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3.1

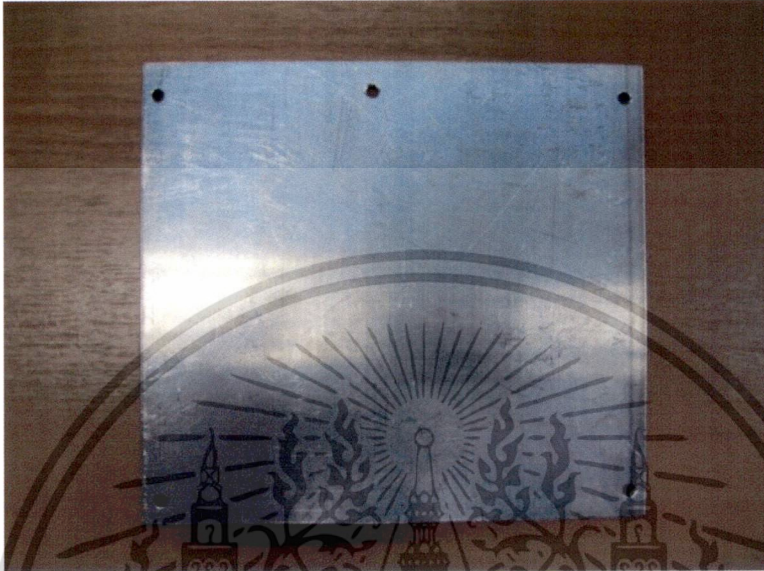


ภาพที่ 3.1 เตาหุงต้มที่เจาะด้านข้างเพื่อประกอบเข้ากับระบบเทอร์โมอิเล็กทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ส่วนผลิตกระแสไฟฟ้า

3.2.2.1. เตรียมอลูมิเนียมสำหรับวางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล หน้า 0.3 เซนติเมตร กว้าง 14.0 เซนติเมตร ยาว 15.3 เซนติเมตร แล้วเจาะรูที่มุมทั้ง 4 ด้านเพื่อประกอบรวมกับระบบระบาย ความร้อน และเจาะอีก 1 รูสำหรับใช้ต่อกับเทอร์โมคัปเปิลเพื่อวัดอุณหภูมิ ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แผ่นอลูมิเนียมสำหรับวางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

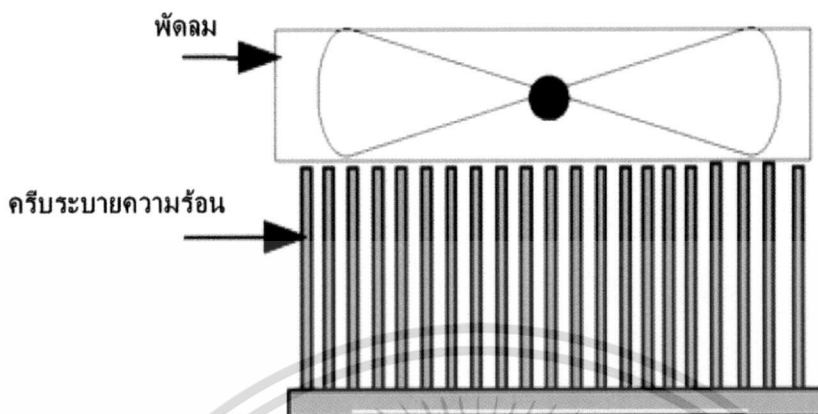
3.2.2.2. เตรียม Heat sink ขนาดกว้าง 12.0 เซนติเมตร ยาว 13.3 เซนติเมตรมีจำนวน 21 ครีบแต่ละครีบมีความยาว 3 เซนติเมตร จากนั้นจึงขัดด้วยกระดาษทรายละเอียด เพื่อทำความสะอาด และปรับพื้นผิวของ Heat sink ให้เรียบ



ภาพที่ 3.3 การเจาะรูบน Heat sink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3. ติดพัดลม 7 ใบพัดขนาด 2 วัตต์ โดยหันด้านลมพัดเข้ากับ Heat sink ทางด้าน
 ครีบริบายความร้อน ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ระบบระบายความร้อนประกอบด้วย Heat sink และพัดลม

3.2.2.4. ทา Thermal grease ลงไปตรงกลาง Heat sink จากนั้นนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล กดลงไปตรงกลาง เมื่อมีแรงกดก็จะทำให้ Thermal grease ถูกรีด ในลักษณะที่เคลือบคลุมทั่วผิวเอง ซึ่ง Thermal grease จะช่วยนำความร้อน ทำหน้าที่เชื่อมประสาน นำความร้อนจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลไปยัง Heat sink เพื่อให้พื้นที่ผิวสัมผัสกันได้ดียิ่งขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนได้ดีขึ้น เพราะหากไม่มี Thermal grease ความร้อนจะไม่ถ่ายเทไปยัง Heat sink ได้ไม่เต็มที่ควรและทำให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลร้อนมากขึ้น

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 หาดำแหน่งของการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

3.3.1.1. จุดเตาเพื่อหาดำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงสุด

3.3.1.2. ใช้กล้องอินฟราเรด ยี่ห้อ FUJIR รุ่น E30 ถ่ายภาพของเตาโดยรอบ

3.3.1.3. ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิในแต่ละจุดของเตา

3.3.1.4. เลือกจุดที่มีอุณหภูมิสูงสุด เพื่อใช้ในการติดตั้งตัวเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

3.3.2 หาอุณหภูมิการใช้งานของเตา

3.3.2.1. ใช้ถ่านปริมาณ 250, 400 และ 700 กรัม ตามลำดับ ในการเผาถ่าน

3.3.2.2. เก็บค่าอุณหภูมิที่ได้จากการเผาถ่านโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ Lutron รุ่น

TM - 947SD

3.3.2.3. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ได้กับเวลา

3.3.2.4. วิเคราะห์ค่าอุณหภูมิสูงสุดที่เตาสามารถใช้งานได้ และคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ได้จาก

พื้นที่ได้กราฟ

3.3.3 หาสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล TEHP1-24156-1.2 จาก Thermonamic Electronics (Jiangxi)

Corp., Ltd

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.1. หาความต้านทานภายในของเทอร์โมอิเล็กทริก

- ใช้มวลขนาด 1.5 กิโลกรัม กดลงบนเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ปรับค่าความต้านทานตั้งแต่ 0 – 10 Ω
- กำหนดอุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 150, 170, 190, 210, 230 และ 250 องศาเซลเซียส และบันทึกอุณหภูมิด้านเย็น (T_C) วัดความต่างศักย์วงจรไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้
- เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายนอกกับกำลังไฟฟ้า

3.3.3.2. หาค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค

- ใช้มวลขนาด 1.5 กิโลกรัม กดลงบนเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล กำหนดอุณหภูมิด้านร้อนเท่ากับ 240 C – 250 C
- วัดความต่างศักย์วงจรเปิด
- เขียนกราฟระหว่างความต่างศักย์วงจรเปิดกับความต่างของอุณหภูมิหาความชันของกราฟซึ่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค

3.3.4 วัดกำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่อใช้เตาเป็นแหล่งความร้อน

- 3.3.4.1. ใช้ถ่านปริมาณ 400 กรัม ในการเผาถ่าน ติดตั้งระบบเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับเตาหุงต้ม
- 3.3.4.2. กำหนดค่าความต้านทานเท่ากับ 3 Ω บันทึกอุณหภูมิด้านร้อนและเย็นที่ได้ วัดค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ที่ได้ทุกๆ 30 วินาที โดยเก็บค่าตั้งแต่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ทหา temperature profile และอุณหภูมิการใช้งานของเตาหุงต้ม

4.1.1 รูปแบบเตาหุงต้ม

เตาหุงต้มที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือ เตาชูเปอร้อั้งโล่ ซึ่งเป็นเตาที่ถูกออกแบบและพัฒนา มาจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เตาชูเปอร้อั้งโล่ทำจากดินเผาคุณภาพดี ทนทาน อายุการใช้งานเฉลี่ยนาน ปี รูปทรงเตาถูกออกแบบให้มีอากาศหมุนเวียนภายในเตาดี จึงประหยัดเชื้อเพลิง นอกจากนี้รูปร่างของเตาไม่เทอะทะ น้ำหนักเบา

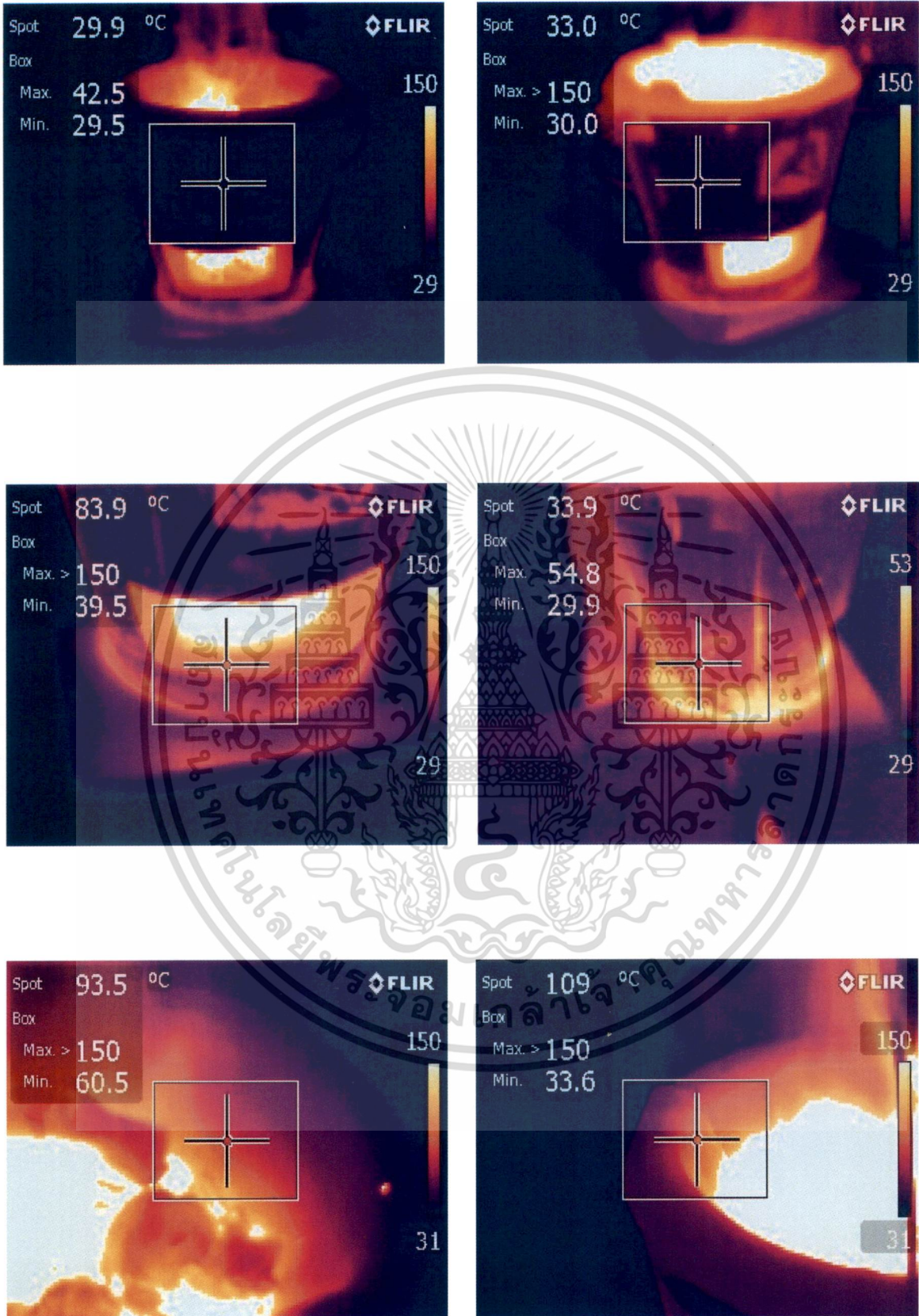


ภาพที่ 4.1 เตาชูเปอร้อั้งโล่

4.1.2 Temperature profile ของเตาหุงต้ม

อุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของเตาขณะใช้งานจะมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อเป็นการประเมิน หาตำแหน่งที่เหมาะสมเบื้องต้นที่จะติดตั้งระบบเทอร์โมอิเล็กทริก ในงานวิจัยนี้จึงได้หา Temperature profile ของเตาหุงต้ม โดยการถ่ายภาพของเตาขณะใช้งานด้วยกล้องอินฟราเรด ยี่ห้อ FLIR รุ่น E30 โดยการตั้งค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (emissivity) เท่ากับ 1 ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 Temperature profile ของเตาหุงต้ม

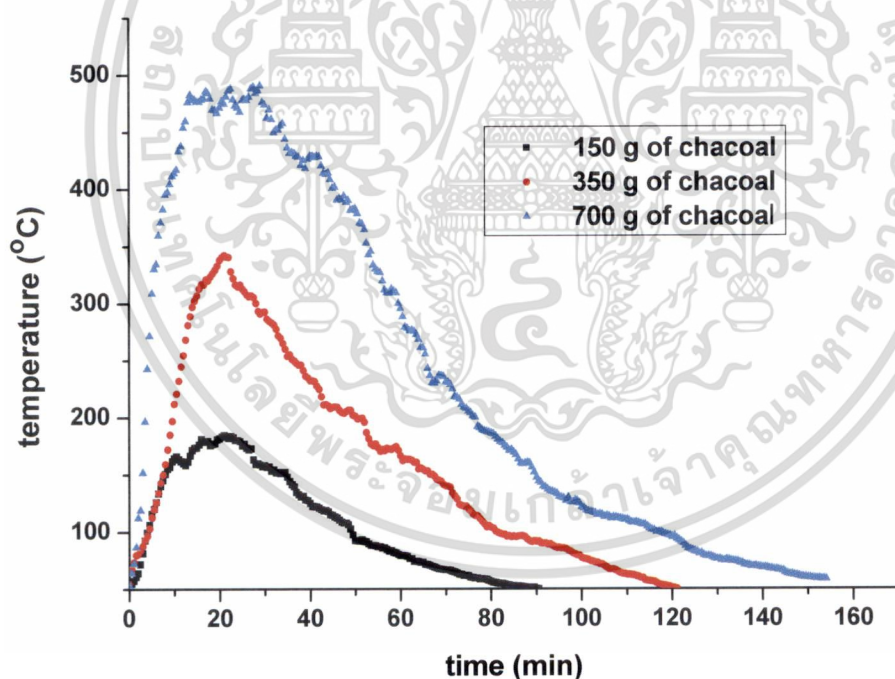
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.2 พบว่ารูปแบบของเตาที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบมาให้มีฉนวนความร้อนค่อนข้างดี ดังนั้นอุณหภูมิด้านข้างของเตาจึงมีค่าไม่เกิน $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งถือว่าเป็นอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปที่จะมาประยุกต์กับระบบของเทอร์โมอิเล็กทริก แต่เมื่อวัดอุณหภูมิที่ผิวด้านในที่สัมผัสกับเตาโดยตรง พบว่ามีอุณหภูมิเกิน $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ดังนั้น ระบบของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ออกแบบควรจะให้ด้านร้อนสัมผัสกับไฟโดยตรง เพื่อให้มีอุณหภูมิที่สูงมากพอสำหรับการผลิตไฟฟ้า

4.1.3 อุณหภูมิใช้งานของเตาหุงต้ม

ขั้นตอนต่อมา คือ การหาอุณหภูมิของเตาหุงต้มขณะที่มีการใช้งานจริง ในงานวิจัยนี้ได้นำแผ่นอะลูมิเนียมหนา 0.3 mm มาวางไว้ที่ด้านข้างของเตา แผ่นอะลูมิเนียมถูกต่ออยู่กับเทอร์โมคัปเปิล type K จากนั้นนำถ่านไม้ที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดจำนวน 150, 350 และ 700 กรัม มาใส่ในเตาหุงต้มแล้ววัดและบันทึกอุณหภูมิเป็นฟังก์ชันของเวลาโดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิยี่ห้อ Lutron รุ่น TM527SD ผลการทดลองที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.3

จากภาพที่ 4.3 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดที่ได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณถ่านที่ใช้ โดยทั่วไปในการประกอบอาหารแต่ละครั้งจะใช้ถ่านประมาณ 350 – 400 กรัม ดังนั้นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้จะต้องทนความร้อนได้สูงประมาณ $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ นอกจากนี้พื้นที่ได้กราฟยังบ่งบอกถึงพลังงานที่ได้ ถ้าปริมาณถ่านที่ใช้มากขึ้นพื้นที่ได้กราฟก็จะมากขึ้น



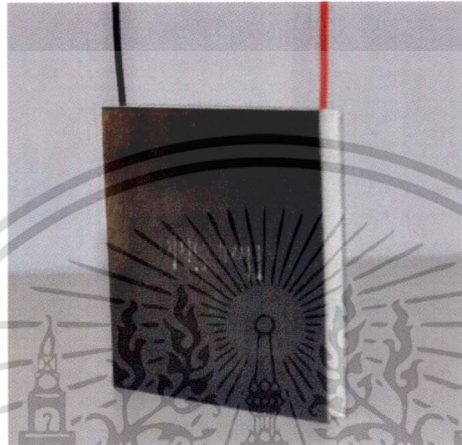
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของเตาขณะเกิดการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูล

4.2.1 คุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริก

การประกอบอาหารแต่ละครั้งจะใช้เชื้อเพลิงประมาณ 300 ถึง 400 กรัม จากภาพที่ 4.3 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของเตาจะอยู่ประมาณ 400°C งานวิจัยนี้จึงเลือกเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEHP1-24156-1.2 จาก Thermonamic Electronics (Jiangxi) Corp., Ltd. ซึ่งสามารถทำงานได้ต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 330 °C และทำงานที่อุณหภูมิสูงสุดได้ประมาณ 400 °C ซึ่งมีข้อมูลเบื้องต้น ดังนี้

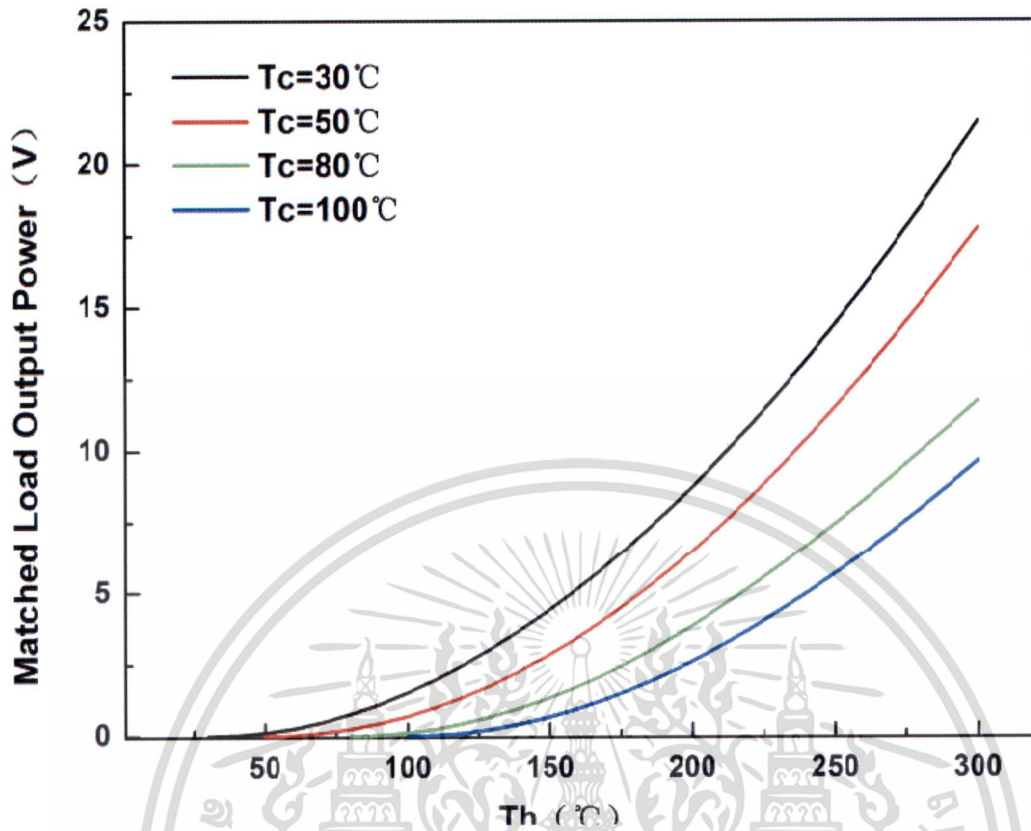


ภาพที่ 4.4 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลรุ่น TEHP1-24156-1.2 ซึ่งด้านนอกจากประกอบด้วยแกรไฟต์ (สีดำ) ทำให้การส่งผ่านความร้อนดีขึ้น

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลที่มาจากผู้ผลิต

Hot Side Temperature (°C)	300
Cold Side Temperature (°C)	30
Open Circuit Voltage (V)	14.4
Matched Load Resistance (ohms)	2.4
Matched load output voltage (V)	7.2
Matched load output current (A)	3.0
Matched load output power (W)	21.6
Heat flow across the module (W)	≈ 415
Heat flow density (W cm ⁻²)	13.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นมีค่าต่างๆ

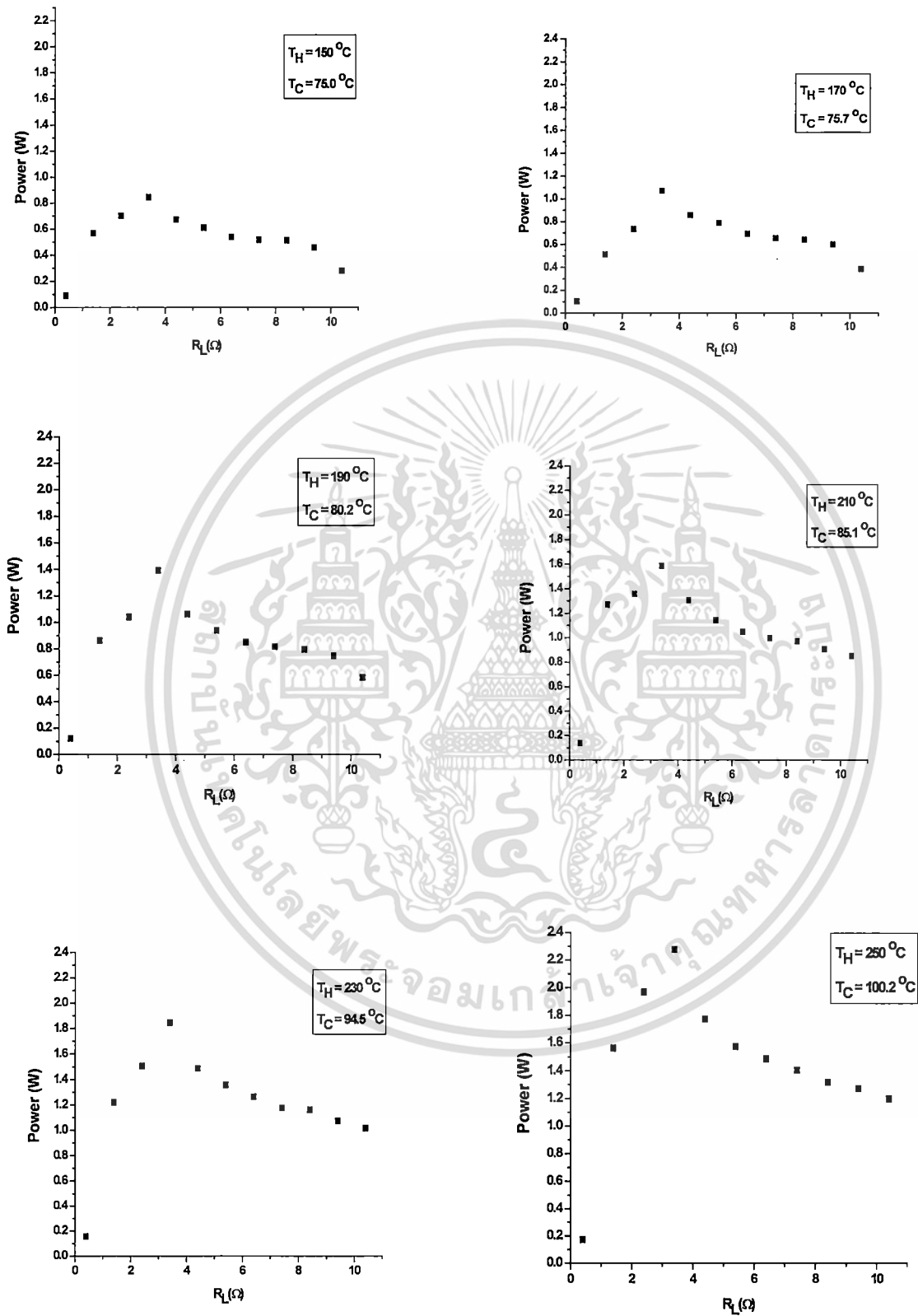
ภาพที่ 4.5 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่อนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลไปต่อกับความต้านทาน 2.4 Ω โดยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น จากรูปพบว่าถ้าต้องการไฟฟ้าประมาณ 10 วัตต์ ต้องทำให้อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นมีค่าดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของ TEHP1-24156-1.2 เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้า 10 วัตต์

อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	ความต่างอุณหภูมิ (°C)
300	100	200
275	80	195
225	50	175
210	30	180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 คุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริก



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายนอกกับกำลังไฟฟ้าเพื่อหาสมบัติของ

เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

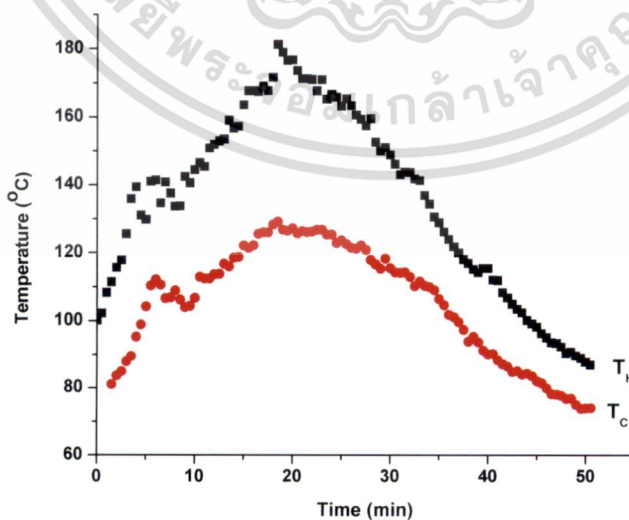
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการหาคุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล จากภาพที่ 4.6 พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ขึ้นกับความต้านทานที่นำมาต่อและอุณหภูมิทางด้านร้อน โดยความต้านทานที่เหมาะสมสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลที่เลือกจะอยู่ในช่วง 2 – 4 Ω โดยกำลังไฟฟ้าจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อความต้านทานภายนอกเท่ากับ 3 Ω ซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะไปตรงกับความต้านทานภายในของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ซึ่งอาจมีความแตกต่างจากค่าความต้านทานที่รายงานมาจากผู้ผลิตอยู่บ้าง (ความต้านทานภายในที่เหมาะสมที่รายงานจากผู้ผลิตคือ 2.4 Ω) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้จะใช้ความต้านทานภายนอก 3 Ω เพื่อนำมาต่อกับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

4.3 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลเมื่อใช้แหล่งความร้อนจากเตาหุงต้ม

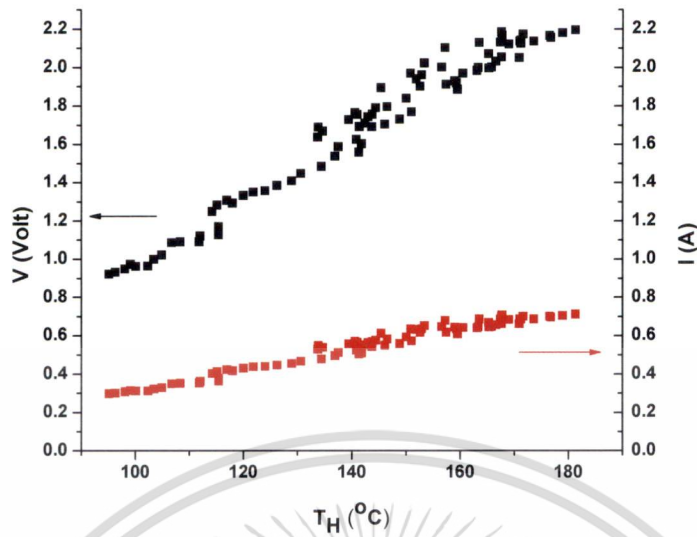
ปริมาณ 400 กรัม ในการเผาไหม้ กำหนดให้ความต้านทานมีค่าเท่ากับ 3 Ω ในช่วงแรกของการเผาไหม้จะใช้พัดลมขนาด 12 โวลต์ เป่าเข้าที่เตาหุงต้ม จนอุณหภูมิในการเผาไหม้ของถ่านเพิ่มขึ้นไปจนถึง 100 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำพัดลมออก และบันทึกอุณหภูมิทางด้านร้อนและเย็นของระบบที่ได้ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ และทำการวัดกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ตกคร่อมตัวต้านทานทุกๆ 30 วินาที ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนอุณหภูมิทางด้านร้อนมีค่าต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส แล้วจึงทำการหยุดบันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้ ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ตกคร่อม

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ได้กับเวลา จะพบว่าอุณหภูมิสูงสุดทางด้านร้อนที่ได้มีค่าประมาณ 180 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิที่วัดได้ในขั้นตอนของการหาอุณหภูมิของเตาหุงต้ม และอุณหภูมิสูงสุดทางด้านเย็นที่ได้มีค่าประมาณ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่วัดได้ในขั้นตอนของการวัดอุณหภูมิของระบบระบายความร้อน จากผลดังกล่าวคาดว่า พัดลมซึ่งเป็นแหล่งระบายความร้อนของระบบ พัดเอาอากาศเข้าไปสัมผัสกับแผ่นอะลูมิเนียมที่ติดกับเตาหุงต้ม ทำให้อุณหภูมิของแผ่นอะลูมิเนียมมีค่าลดลง ส่วนเนื้อที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างแผ่นอะลูมิเนียม เป็นตัวนำความร้อนจากด้านร้อนมายังด้านเย็น ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อน



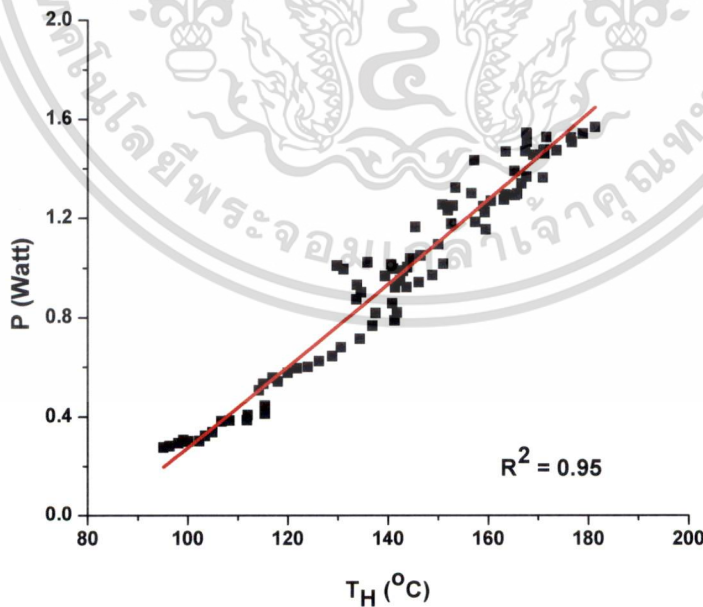
ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ได้กับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 KMITL_Progress 2554 (Edit: พ.ศ. 54)



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิทางด้านร้อน

จากกราฟพบว่าเมื่ออุณหภูมิทางด้านร้อนมีค่าเพิ่มมากขึ้น ค่าความต่างศักย์ตกคร่อม และค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน ค่าความต่างศักย์ตกคร่อมสูงสุดที่ได้มีค่าเท่ากับ 2.2 โวลต์ และค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.7 แอมป์ โดยจะมีค่าสูงสุดเมื่ออุณหภูมิทางด้านร้อนมีค่าประมาณ 180 องศาเซลเซียส จากนั้นหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ และนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับอุณหภูมิทางด้านร้อน ดังรูปที่ 19



ภาพที่ 4.9 กำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่ออุณหภูมิด้านร้อนมีค่าตั้งแต่ 100 °C ถึง 800 °C

จากกราฟพบว่า เมื่ออุณหภูมิทางด้านร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่ากำลังไฟฟ้าแปรผันตรงกับค่าอุณหภูมิกำลังสอง ตรงตามทฤษฎีที่กล่าวไว้ในข้างต้นโดยารค่า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 1.6 วัตต์ และค่าสัมประสิทธิ์ R Square มีค่าเท่ากับ 0.95 แสดงว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้มีความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิทางด้านร้อนค่อนข้างสูง

4.4 การทดสอบผลของน๊อตที่ใช้ยึดระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมกับฮีตซิงค์

จากภาพที่ 4.7 พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนที่ได้เมื่อใช้ถ่านปริมาณ 400 กรัม มีค่าสูงสุดเพียง 180 °C ซึ่งต่ำกว่าการทดสอบในตอนแรกที่ยังไม่มีการติดตั้งระบบ นอกจากนี้อุณหภูมิทางด้านเย็นก็มีค่าสูงมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐานว่า สาเหตุที่อุณหภูมิด้านเย็นมีค่าสูงน่าจะมาจากการนำความร้อนของน๊อตที่ยึดอยู่ระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมและฮีตซิงค์ เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองโดยใช้ฮีตเตอร์ทำหน้าที่เป็นแหล่งความร้อน นำไปวางทับบนระบบของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ออกแบบโดยทดสอบเงื่อนไขของการไม่มีน๊อตและน๊อต ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิด้านเย็น ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่อ กำหนดอุณหภูมิด้านร้อนตั้งแต่ 150 °C ถึง 250 °C โดยระบบต่อกับความต้านทาน 3 Ω และไม่มีน๊อตเชื่อมระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมกับฮีตซิงค์

T_H (°C)	T_C (°C)	V (Volt)	I (A)	P (Watt)
150	52.7	1.879	0.638	1.198802
160	54.3	2.251	0.642	1.445142
170	55.1	2.393	0.654	1.565022
180	57.7	2.395	0.703	1.683685
190	59.4	2.429	0.727	1.765883
200	60.3	2.518	0.756	1.903608
210	62.2	2.593	0.783	2.030319
220	64.3	2.669	0.806	2.151214
230	65.2	2.745	0.831	2.281095
240	66.4	2.797	0.853	2.385841
250	67.7	2.809	0.887	2.491583

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิด้านเย็น ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่อ กำหนดอุณหภูมิด้านร้อนตั้งแต่ 150°C ถึง 250°C โดยระบบต่อกับความต้านทาน 3 Ω และมีน็อตเชื่อมระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมกับฮีตซิงค์

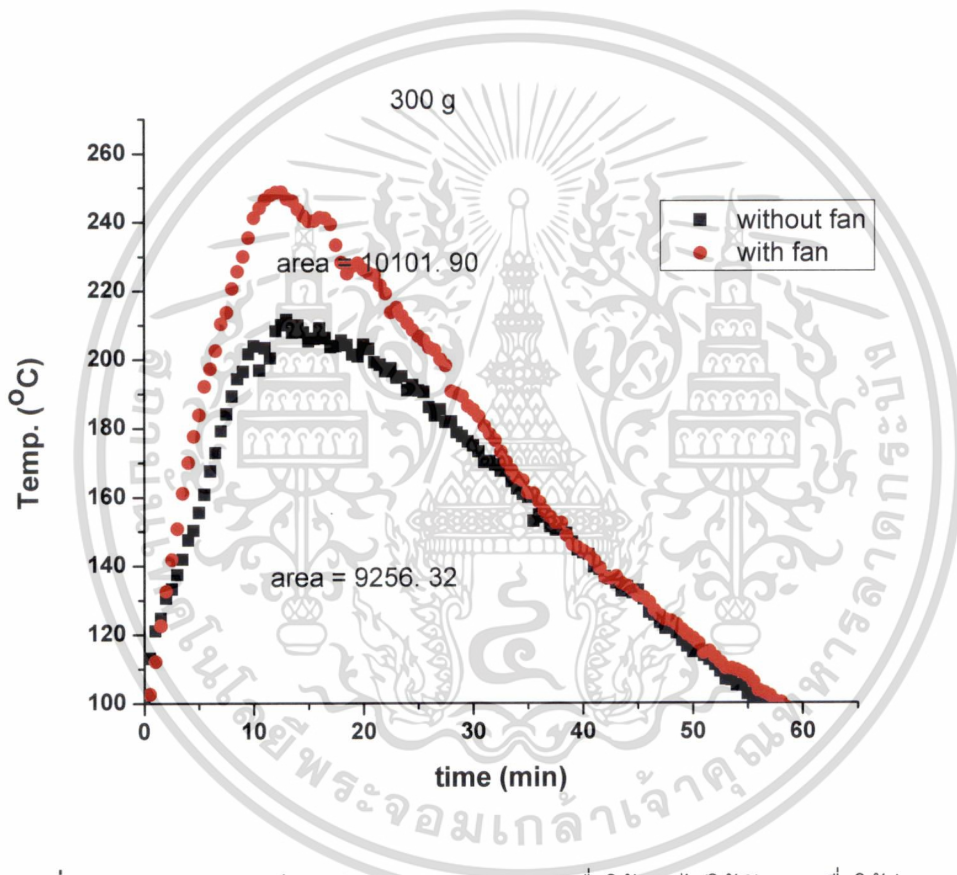
T_H (°C)	T_C (°C)	V (Volt)	I (A)	P (Watt)
150	60	1.934	0.627	1.212618
160	61.2	2.179	0.674	1.468646
170	62.5	2.219	0.716	1.588804
180	63.2	2.314	0.751	1.737814
190	64.2	2.434	0.785	1.910690
200	75.1	2.535	0.818	2.073630
210	80.5	2.617	0.846	2.213982
220	86.1	2.717	0.873	2.371941
230	97.2	2.754	0.891	2.453814
240	100.3	2.794	0.903	2.522982
250	103.7	2.809	0.908	2.550572

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าอุณหภูมิด้านเย็นจะมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการใช้น็อตในระบบ ซึ่งถ้าไม่มีการนำความร้อนเนื่องจากน็อต ที่อุณหภูมิด้านร้อน 250 ทำให้อุณหภูมิด้านเย็นสูงเพียง 67.7 (ตารางที่ 4.4) และได้กำลังไฟฟ้าประมาณ 2.5 วัตต์

4.5 การเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้

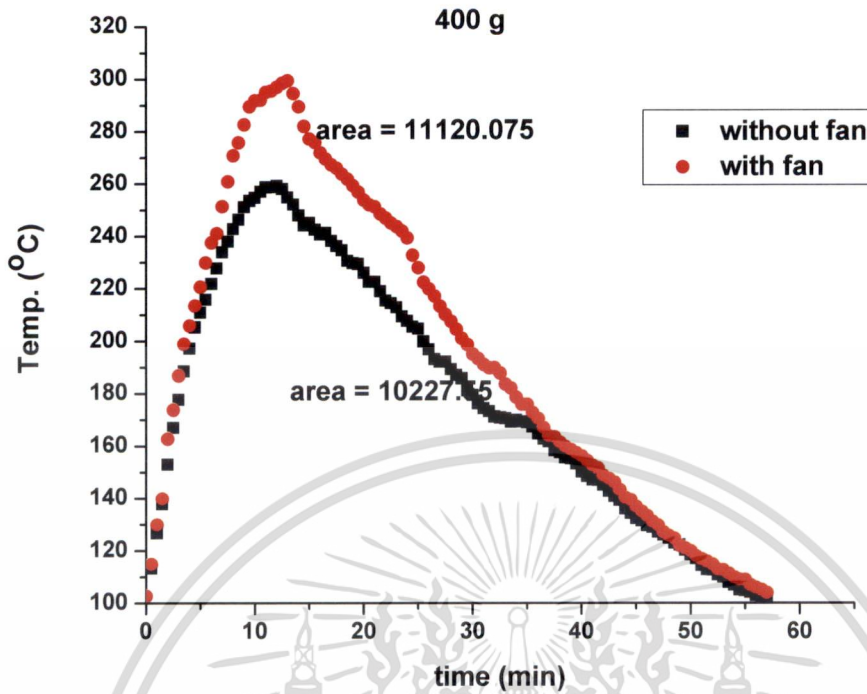
ในงานวิจัยนี้ การเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้จะบ่งบอกโดยปริมาณความร้อนและอุณหภูมิสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณถ่านเท่าเดิม ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้จะใช้พัดลมเป่าลมไปยังเตาหุงต้ม

จากภาพ 4.10, 4.11 และ 4.12 พบว่าเมื่อใช้พัดลมขนาดเป่าเอาอากาศเข้าไปในเตา ในช่วงเริ่มต้นถึงอุณหภูมิ 100°C แล้วหยุดเป่า พบว่าเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟระหว่างการใช้และไม่ใช้พัดลม การใช้พัดลมจะมีพื้นที่ใต้กราฟเพิ่มขึ้นประมาณ 8% จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้พัดลมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนเนื่องจาก การใช้พัดลมในช่วงแรกจะทำให้ไฟติดเร็วขึ้น จึงลดการสูญเสียเชื้อเพลิงในช่วงแรก

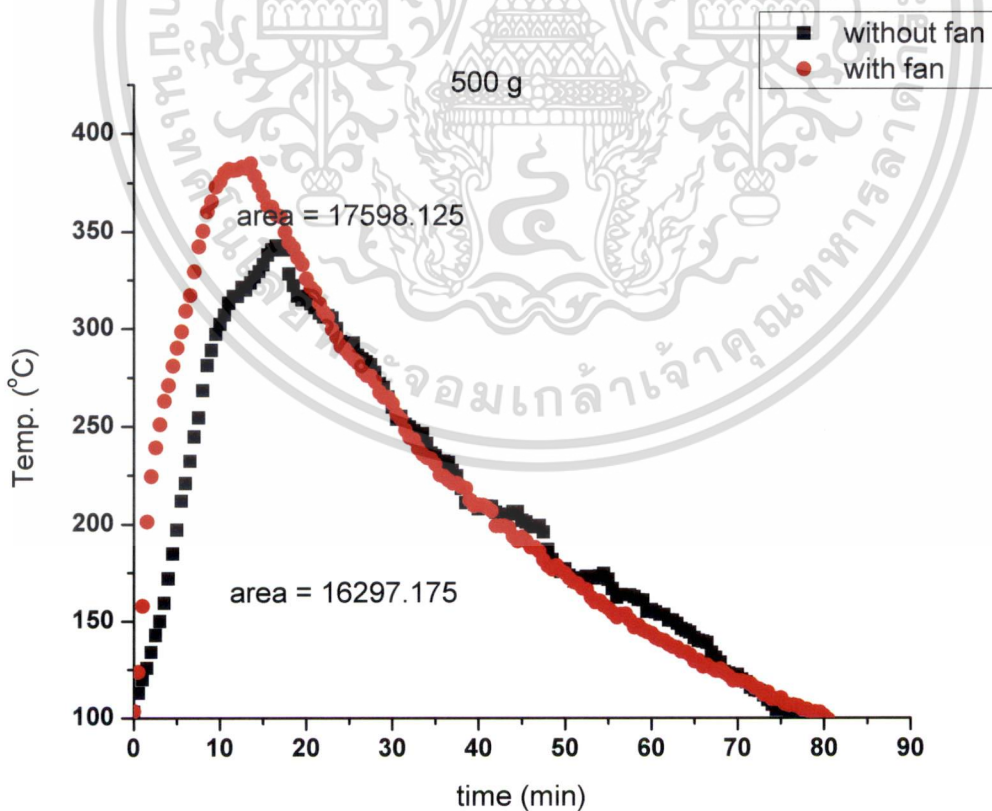


ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิเมื่อใช้และไม่ใช้พัดลม เมื่อใช้ถ่าน 300 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิเมื่อใช้และไม่ใช้พัดลม เมื่อใช้ถ่าน 400 กรัม



ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิเมื่อใช้และไม่ใช้พัดลม เมื่อใช้ถ่าน 700 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาออกแบบและสร้างอุปกรณ์สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากเตาหุงต้ม

จากผลวิจัยพบว่าตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก คือบริเวณขอบในของเตา เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง โดยใช้ลูมิเนียมเป็นตัวกลางในการรับความร้อนจากเตา

ในการหาอุณหภูมิการใช้งานจริงของเตา ทดสอบโดยใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิงที่ปริมาณ 350, 400 และ 700 กรัมตามลำดับ ได้ค่าอุณหภูมิสูงสุดที่เตาสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิ 200, 350 และ 500 องศาเซลเซียสตามลำดับ จากนั้นจึงลดลงอย่างช้าๆจนถ่านดับไปในที่สุด จากการวิจัยพบว่าปริมาณของถ่านที่ใช้ส่งผลต่ออุณหภูมิ และระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่าน คือเมื่อปริมาณถ่านมากขึ้น อุณหภูมิสูงสุดและระยะเวลาในการเผาไหม้จะมากขึ้นด้วย

การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตา จะใช้พัดลมขนาด 12 โวลต์ เป่าบริเวณช่องเขี่ยขี้เถ้า ตั้งแต่เริ่มทำการจุดเตาจนถึงอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสจึงปิดพัดลม การเผาไหม้โดยใช้พัดลมเข้าช่วยทำให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าการเผาไหม้เองโดยธรรมชาติประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากลดการสูญเสียเชื้อเพลิงในช่วงแรก จากผลการวิจัยเบื้องต้นสามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากเตาหุงต้ม นอกจากนี้ไฟฟ้าบางส่วนนำไปขับเคลื่อนพัดลมขนาดเล็กเพื่อนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้ แต่อย่างไรก็ตามระบบที่ออกแบบยังคงมีส่วนที่ต้องแก้ไข ดังนี้

1. ควรเจาะผนังเตาให้เล็กลงเพื่อลดการสูญเสียความร้อน
2. ระบบระบายความร้อนควรใหญ่ขึ้นเพื่อให้ระบายความร้อนได้ดีและป้องกันพัดลมเป่าลมไปสัมผัสกับแผ่นอะลูมิเนียมที่รับความร้อน ซึ่งจะเป็สาเหตุให้อุณหภูมิด้านร้อนมีค่าไม่สูงพอ
3. นำฉนวนมากั้นระหว่างน็อตกับฮีตซิงค์เพื่อลดการนำความร้อนจากด้านร้อนมาสู่ด้านเย็น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Champier D, Bedecarrats, J.P., Rivaletto, M., and Strub, F., Thermoelectric power generator from biomass cook stoves, *Energy*, 35 (2010) : 935-942.
- [2] Bhattacharya, S.C., Albina, D.O., and Abdul Salum, Emission factors of wood and charcoal-fired cookstoves, *Biomass and Bioenergy*, 23 (2002) : 453-469.
- [3] Rowe, D.M., Thermoelectric waste heat recovery as a renewable energy source. *International Journal of Innovation Energy Systems and Power* 2006.
- [4] Nuwayhid, R.Y., Rowe, D.M., and Min, G., Low cost stove-top thermoelectric generator for region with unreliable electricity supply. *Renewable energy*, 28 (2003) : 205-222.
- [5] Lertsatitthankorn, C., Electrical performance analysis and economic evaluation of combined biomass cooked stove thermoelectric (BITE) generator, *Bioresource technology*, 98 (2007) : 1670-1674.
- [6] Nuwayhid, R.Y., Shihadeh, A., and Ghaddar, N., Development and testing of a domestic woodstove thermoelectric generator with natural convection cooling, *Energy Conversion and Management* 46 (2005) : 1631-1643.
- [7] Nuwayhid, R.Y., and Hamade, R., Design and testing of locally made loop-type thermosyphonic heat sink for stove-top thermoelectric generators, *Renewable energy*, 30 (2005) : 1011-1016.
- [8] Mastbergen D, and Willson B. Generating light from stoves using a thermoelectric generator. Seattle, Washington. Available at. In: Presented at the ETHOS international stove research conference, www.vrac.iastate.edu/ethos/:2005 [last accessed December 2010].
- [9] URL:www.biolithestove.com/BioLite.html; [last accessed June 2010].
- [10] Champier D, Rivaletto M, Strub F. TEGBioS: a prototype of thermoelectric power generator for biomass stoves. In: Proc. Of ECOS 2009 22nd international conference on efficiency, cost, optimization, simulation, and environmental impact of energy systems; 2009.Parana, Brazil.
- [11] Rinalde GF, Juanico LG, Tagliavere E, Gortari S, and Molina MG, Development of thermoelectric generator for electrification of isolate rural homes, *International Journal of Hydrogen Energy* 35 (2010): 5818-5822.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล อาภาภรณ์ สกุลกระเวก.....

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วทบ (เกียรตินิยมอันดับ 2)	ฟิสิกส์	มหาวิทยาลัยศิลปากร	2544
วทม	ฟิสิกส์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2548
วทด	ฟิสิกส์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2553

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)..... วัสดุศาสตร์.....

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี	หัวข้อวิจัย	แหล่งเงินทุน	งบประมาณ (บาท)	สถานะ
2552-2553	ผลของกระบวนการความร้อนชั้นตอนเดียวที่มีต่อสมบัติเชิงโครงสร้างและกำลังไฟฟ้าความร้อนของสารประกอบเหล็กซิลิกอน	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	569,470	ผู้ร่วมวิจัย
2555 - 2556	การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาหุงต้มด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ทุนส่งเสริมนักวิจัย)	50,000	หัวหน้าโครงการ
2555 - 2556	ต้นแบบแผ่นบำบัดร้อน - เย็น จากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ทุนส่งเสริมนักวิจัย)	50,000	หัวหน้าโครงการ
2555-2557	การสังเคราะห์และปรับปรุงสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์ $CuGaO_2$ โดยการเจือ Pt	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ทุนพัฒนานักวิจัยใหม่)	240,000	หัวหน้าโครงการ
2555-2558	การสังเคราะห์และประดิษฐ์เทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลจากสารประกอบเหล็ก-	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ทุนวิจัย พสวท แรกบรรจุ)	1,000,000	หัวหน้าโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ซิลิกอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเผาไหม้		
--	--	--	--

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับนานาชาติ)

1. S. Kiatgamolchai and A. Sakulalavek, “ Distribution of Elements in Cu- added FeSi₂ Alloy under Peritectoid and Eutectoid Reaction” *Journal of Electronic Materials* (2011).
2. A. Sakulalavek and S. Kiatgamolchai, “The effect of Si content on the physical and thermoelectric properties of FeSi_x compound” *Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2012)*, Chiang Mai, Thailand, 11-13 January 2012.

การเสนอผลงานวิชาการ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. A. Sakulalavek and S. Kiatgamolchai, “The Effect of Annealing Time on Seebeck Coefficient of Iron-Silicon compound” **7th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium, Chiang Mai, Thailand, 17-20 November 2009.**
2. A. Sakulalavek and S. Kiatgamolchai, “Structural investigation and Thermoelectric Power of FeSi₂ and FeSi_{2.3}” *Siam Physics Congress 2010 (SPC 2010)*, Kanchanaburi, Thailand, 25-27 March 2010.
3. A. Sakulalavek and S. Kiatgamolchai, “Structural investigation and thermoelectric power of Fe-Si compound” *International Congress on Ceramics, Osaka International Convension Center, Japan, 14-18 November 2010.*
4. A. Sakulalavek and S. Kiatgamolchai, “The effect of Si content on the reaction of FeSi_x compound” *Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2012)*, **Chiang Mai, Thailand, 11-13 January 2012.**
5. A. Sakulalavek and R. Sakdanuphab “Feasibility study of thermoelectric power generator and thermal efficiency improvement of the cooking stove” *Siam Physics Congress 2013 (SPC 2013)*, Chiang Mai, Thailand, 21-23 March 2013.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้