

การออกแบบและสร้างกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับทำความร้อนและความเย็น

Design and Development of a Thermoelectric Pan for Heating and Chilling Application

เจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์^{1*}
Jensak Ekburanawat^{1*}

Received: March 11, 2019; Revised: June 6, 2019; Accepted: June 6, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนากระทะเทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งเป็นกระทะที่สามารถทำได้ทั้งทำความร้อนและความเย็นในเครื่องเดียวกัน กระทะเทอร์โมอิเล็กทริกที่สร้างขึ้น ประกอบด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 6 โมดูลทำหน้าที่สร้างความร้อนและความเย็น ด้านหนึ่งของเทอร์โมอิเล็กทริกติดตั้งอยู่กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และอีกด้านหนึ่งติดตั้งอยู่กับแผ่นกระทะที่ใช้ทำความร้อนและความเย็น แผ่นกระทะมีขนาด $30 \times 40 \times 0.8$ เซนติเมตร เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำหน้าที่รับความร้อนจากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลแล้วส่งถ่ายความร้อนให้กับน้ำในระบบน้ำจะหมุนเวียนผ่านหม้อน้ำแล้วส่งผ่านความร้อนสู่บรรยากาศภายนอก โดยมีพัดลมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อน ระบบควบคุมการทำงานหลักของกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม สั่งงานรีเลย์เพื่อทำการตัด - ต่อ หรือสลับขั้วแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายไฟ กระทะเทอร์โมอิเล็กทริกแบ่งการทำงานออกเป็น 3 โหมด 1) โหมดร้อน สามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุด 107 องศาเซลเซียส กินกำลังไฟฟ้าสูงสุด 360 วัตต์ 2) โหมดอุ่น สามารถทำอุณหภูมิได้ 79 องศาเซลเซียส กินกำลังไฟฟ้าสูงสุด 250 วัตต์ และ 3) โหมดเย็น สามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุด 14 องศาเซลเซียส กินกำลังไฟฟ้าสูงสุด 300 วัตต์

คำสำคัญ: เทอร์โมอิเล็กทริก; เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน; หม้อน้ำ; ไมโครคอนโทรลเลอร์

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม

¹ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Nakhon Pathom

* Corresponding Author E - mail Address: jensak.eak@rmutr.ac.th

Abstract

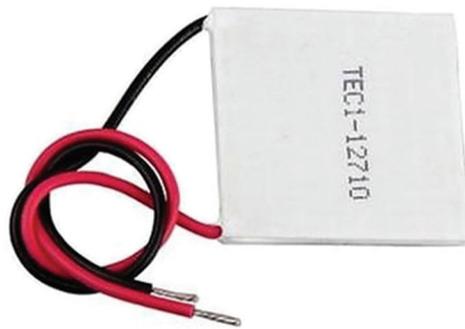
This research is a development of the thermoelectric pan which is capable of both heating and chilling on a single pan. This thermoelectric pan is composed of six thermoelectric modules as a source of hot and cold temperature. A heat exchanger is installed on one side of each thermoelectric module, whereas a steel plate attaches to the other side working as a heat/cold pan. The dimension of the pan is 30 x 40 x 0.8 cm approximately. The heat exchanger receives heat from thermoelectric modules and transfers it to water in the system, then the water circulates through a radiator passing heat to surroundings with a fan in order to increase its efficiency. The main control system consists of microcontroller circuits to manage relays to turn on/off or to switch the terminals of power supplies. The thermoelectric pan have three modes of operation; 1) Hot mode, the thermoelectric pan can reach maximum temperature at 107 °C by consuming 360 W maximum power, 2) Warm mode, the thermoelectric pan can generate temperature at 79 °C for 250 W power consumption and 3) Cold mode, the thermoelectric pan can lower temperature to minimum at 14 °C taking 300 W operating power.

Keywords: Thermoelectric; Heat Exchanger; Radiator; Microcontroller

บทนำ

ปัจจุบันอัตราการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากพลังงานมีความจำเป็นต่อมนุษย์ ตั้งแต่การใช้งานภายในครัวเรือนจนถึงระดับอุตสาหกรรม เมื่อมีการใช้พลังงานจำนวนมากทำให้ส่งผลกระทบต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำให้มนุษย์ตระหนักถึงผลกระทบที่จะตามมาเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้จากมีการรณรงค์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการใช้พลังงานให้คุ้มค่าที่สุด เช่น การสร้างเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่นำพลังงานสูญเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์ หรือแม้กระทั่งการประหยัดพลังงานก็สามารถลดปัญหาพลังงานได้ในชีวิตประจำวันมนุษย์ใช้พลังงานส่วนหนึ่งไปกับการปรุงอาหารและถนอมอาหาร ในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า แก๊สหุงต้ม ถ่านไม้ หรือชีวมวล ซึ่งทั้งหมดนี้อาจเป็นการใช้พลังงานที่มากเกินไปจนความจำเป็นสำหรับการประกอบอาหาร

เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนรูปพลังงานที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ สามารถสร้างความเย็นและความร้อนได้จากปรากฏการณ์เพลเทียร์ (รูปที่ 1) หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก คือ เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ไหลผ่านสารกึ่งตัวนำสองชนิด (ชนิด P และ N) ที่อยู่ภายในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ด้านหนึ่งของโมดูลจะเย็น (Cold Side) และอีกด้านหนึ่งของโมดูลจะร้อน (Hot Side) ถ้าเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจะกลายเป็นด้านร้อนส่วนด้านร้อนจะกลายเป็นด้านเย็น ความสามารถในการทำความเย็นของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกนั้นจะมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทำความร้อน เนื่องจากความเย็นที่ผลิตได้ถูกลดทอนจากความร้อนที่ไหลย้อนกลับที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็น และความร้อนที่เกิดจากความต้านทานทางไฟฟ้า

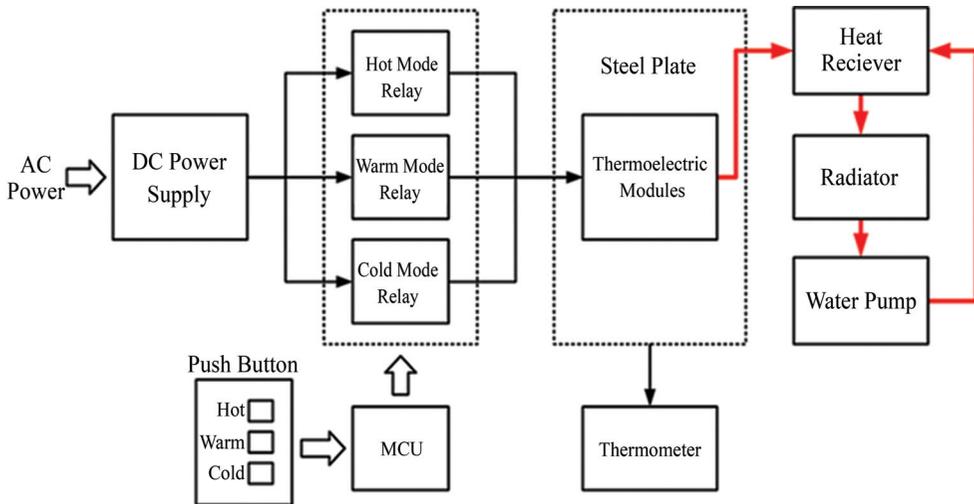


รูปที่ 1 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงมีแนวคิดในการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้งาน โดยการสร้างกระทะที่สามารถทำความร้อนและความเย็นได้ในเครื่องเดียวกัน เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของกระทะให้สามารถทำอาหารได้หลากหลายชั้นและประหยัดพลังงานกว่ากระทะไฟฟ้าทั่วไป มีความปลอดภัยสูงเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานจากก๊าซหุงต้ม จึงเหมาะสำหรับใช้งานภายในอาคารบ้านพักอาศัยหรือการประกอบอาหารในที่ชุมชน เช่น ทางสรรพสินค้า นอกจากนี้ยังสามารถปรับเป็นโหมดอุ่นเพื่อใช้ละลายอาหารแช่แข็งจำพวกเนื้อสัตว์ต่าง ๆ และปรับเป็นโหมดทำความเย็นเพื่อถนอมอาหารไม่ให้เน่าเสียได้อีกด้วย จากคุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ได้กล่าวมาข้างต้น ขณะที่ผลิตความเย็นนั้นอีกด้านของเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดความร้อนสูงจึงจำเป็นต้องมีการระบายความร้อนโดยใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ การระบายความร้อนที่ดีจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นเพิ่มมากขึ้น ข้อดีของเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นคือ มีน้ำหนักเบา ขนาดเล็ก ใช้พลังงานน้อย ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวจึงไม่เกิดการสึกหรอ [1] งานวิจัยนี้ยังได้ออกแบบโครงสร้างของกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกให้มีรูปร่างที่เหมาะสมกับการใช้งานในชีวิตประจำวันอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบสร้างและทดสอบกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ คือ เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล รุ่น TEC1-12710 จำนวน 6 โมดูล ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับสร้างความร้อนและความเย็น แผ่นเหล็กที่ใช้ทำเป็นกระทะ ขนาด $30 \times 40 \times 0.8$ เซนติเมตร เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับรับความร้อนจากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ป้อนน้ำสำหรับหมุนเวียนน้ำในระบบระบายความร้อน หม้อน้ำแบบรังผึ้งสำหรับใช้ระบายความร้อนจากน้ำสู่บรรยากาศ ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมการทำงานของกระทะ ชุดวงจรรีเลย์สำหรับตัด - ต่อ และสลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลสำหรับแสดงอุณหภูมิของแผ่นกระทะ โดยอุปกรณ์ที่กล่าวมามีการเชื่อมโยงเพื่อทำงานร่วมกันดังแสดงในแผนภาพระบบการทำงานของกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพระบบการทำงานของกระะเทเทอร์โมอิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริกและการถ่ายเทความร้อน

ในปี ค.ศ. 1834 ฌอง ซี. เอ. เพลเทียร์ (Jean C. A. Peltier) [2] นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส พบว่าเมื่อผ่านไฟฟ้ากระแสตรงให้กับรอยต่อสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำสองด้านจะกลายเป็นผิวร้อน (Hot Surface) และผิวเย็น (Cold Surface) ขึ้นกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect) ในทางกลับกัน ถ้าถ่ายเทความร้อนให้กับผิวด้านหนึ่งจะเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นเรียกว่า ซีเบ็คโวลเตจ (Seebeck Voltage) สารกึ่งตัวนำดังกล่าวเรียกว่า p-n junctions โดยที่การผลิตกระแสไฟฟ้าจะต่อแบบอนุกรม การทำความเย็นจะต่อแบบขนานเป็นแบบแซนวิช ระหว่างแผ่นฉนวนเซรามิก อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อาศัยหลักการของปรากฏการณ์เพลเทียร์ซึ่งจัดเป็นปั๊มความร้อน (Heat Pump) เรียกว่า “เทอร์โมอิเล็กทริก” [3] ได้เสนอสมการอนุพันธ์แสดงการกระจายอุณหภูมิหนึ่งมิติ สำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกตามแนวแกน x ตามสมการที่ (1) และ (2) สามารถพิสูจน์ได้ว่า

$$e_{T_{MAX}} = \frac{E}{2} + \frac{\Delta T}{E} \cdot \frac{\lambda}{\rho I^2} \tag{1}$$

อุณหภูมิสูงสุดที่ผิวร้อน คือ

$$T_{MAX} = T_c + \left(\frac{E}{2} + \frac{\Delta T}{E} \cdot \frac{\lambda}{\rho I^2} \right) \cdot \left(\frac{\Delta T}{2E} + \frac{\rho I^2}{2\lambda} \cdot E \right) \tag{2}$$

เมื่อ

- I เป็นกระแสไฟฟ้า
- T_c เป็นอุณหภูมิที่ผิวเย็น
- ΔT เป็นผลต่างของอุณหภูมิ
- ρ, λ และ E เป็นค่าคงที่ขึ้นกับชนิดของวัสดุ

Gao, M., Rowe, D. M. [4] ได้เสนอสมการสำหรับการคำนวณสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient Of Performance; COP) ของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ซึ่งพิจารณาถึงความต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำความร้อนเนื่องจากจุดสัมผัสตามสมการที่ (3) - (5) คือ

$$\eta = \frac{l}{1 + 2rl_c} \cdot \left(\frac{T_c}{T_h - T_c} \cdot \frac{\beta - T_h/T_c}{1 + \beta} - \frac{2l_c}{l} \right) \quad (3)$$

เมื่อ

$$\beta = \left(1 + \frac{lzT_M}{n+1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

โดยที่

$r = \lambda / \lambda_c$ เป็นอัตราส่วนของสภาพนำความร้อนที่ผิวสัมผัส

l เป็นความยาวของเทอร์โมอิเล็กทริค $n = 2\rho_c / \rho$

เมื่อ

ρ_c เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ผิวสัมผัสระหว่างเทอร์โมอิเล็กทริคและ Copper Strips โดยที่

$$z = \frac{\alpha^2}{\rho\lambda} \quad (5)$$

เมื่อ

α เป็นสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค (Seebeck Coefficient) สำหรับ Thermoelectric Material

ρ และ λ เป็นสภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำความร้อนของสารเทอร์โมอิเล็กทริค

$T_M = (T_h + T_c) / 2$ เป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของเทอร์โมอิเล็กทริค

l_c เป็นความหนาของ Contact Layers

การเลือกวัสดุที่ใช้ทำแผ่นกระเพาะ

ถ้าความร้อนสามารถเคลื่อนที่ผ่านเนื้อวัสดุชนิดใดได้อย่างรวดเร็วแสดงว่าวัสดุชนิดนั้นมีคุณสมบัติในการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ที่ดี วัสดุที่มีระดับในการนำความร้อนที่สูง ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านตัวมันอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีข้อดีก็คือ วัสดุชนิดนี้สามารถนำไปใช้ในการระบายความร้อนได้ดี แต่ถ้าหากต้องการกักเก็บความร้อนเอาไว้ในวัสดุก็ให้เลือกวัสดุที่มีการนำความร้อนที่น้อย ค่าการนำความร้อนของโลหะชนิดต่าง ๆ ดูได้จากตารางที่ 1

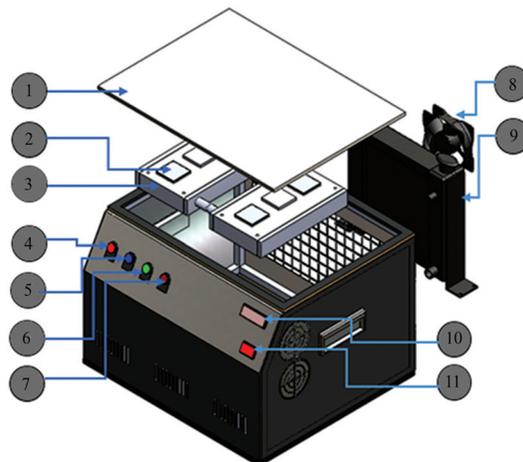
ตารางที่ 1 ค่าการนำความร้อนของโลหะชนิดต่าง ๆ

วัสดุ	การนำความร้อน W/(m.K)
เงิน (Silver)	427
ทอง (Gold)	315
ทองแดง (Copper)	398
สังกะสี (Zinc)	121
เหล็ก (Iron)	80.3
อลูมิเนียม (Aluminum)	237

หากเราเลือกโลหะที่มีค่าการนำความร้อนมากมาทำแผ่นกระทะ กระทะก็จะร้อนเร็วแต่ในทางกลับกัน หากเราเลือกโลหะที่มีค่าการนำความร้อนน้อยมาทำแผ่นกระทะ กระทะก็จะร้อนช้ากว่าแต่จะสามารถกักเก็บความร้อนเอาไว้ได้นานกว่า แต่เมื่อพิจารณาถึงความปลอดภัยในการใช้งานแล้ว จึงเลือกวัสดุที่ใช้ทำแผ่นกระทะเป็นเหล็ก เนื่องจากมีความเสี่ยงในการปนเปื้อนลงสู่อาหารน้อยกว่าโลหะอื่น และเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงคงทนและมีราคาถูก [5]

ส่วนประกอบของกระทะเทอร์โมอิเล็กทริก

การออกแบบกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นตั้งใจออกแบบให้เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกและมีลักษณะคล้ายกับกระทะที่ใช้งานโดยทั่วไป โดยออกแบบให้มีหน้ากระทะเป็นแผ่นเหล็กขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร และหนา 0.8 เซนติเมตร ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจำนวน 6 โมดูล ได้แผ่นกระทะ อีกด้านหนึ่งของเทอร์โมอิเล็กทริกติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อใช้ระบายความร้อนออกจากเทอร์โมอิเล็กทริก ผ่านทางระบบระบายความร้อนแบบหม้อน้ำ

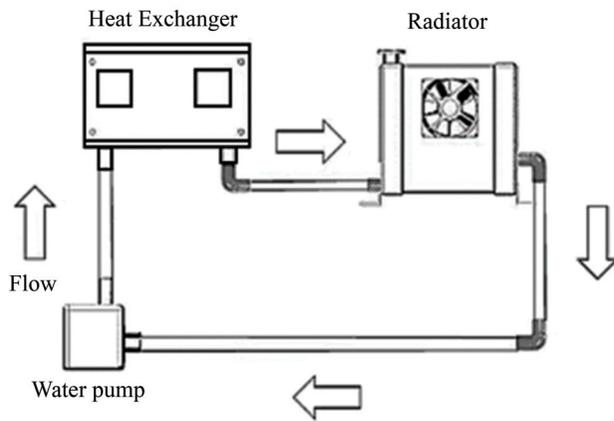


รูปที่ 3 ส่วนประกอบของกระทะเทอร์โมอิเล็กทริก

จากรูปที่ 3 ส่วนประกอบของกระเพาะเทอร์โมอิเล็กทริก มีดังต่อไปนี้ 1) แผ่นกระเพาะทำจากเหล็ก 2) เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล จำนวน 6 แผ่น 3) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จำนวน 2 ชุด 4) สวิตช์โหมคร้อน 5) สวิตช์โหมคุ่น 6) สวิตช์โหมเย็น 7) สวิตช์รีเซ็ตเครื่อง 8) พัดลมระบายความร้อนจากหม้อน้ำ 9) หม้อน้ำ 10) จอแสดงผลอุณหภูมิ และ 11) สวิตช์ ปิด-เปิด เครื่อง

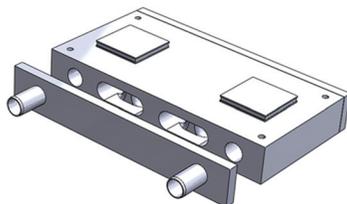
ระบบระบายความร้อน

ระบบระบายความร้อนของกระเพาะที่สร้างขึ้นนั้นใช้สำหรับระบายความร้อนออกจากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในกรณีที่กระเพาะทำงานในโหมคทำความเย็น และในทางกลับกันจะใช้ระบายความเย็นออกจากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในกรณีที่กระเพาะทำงานในโหมคทำความร้อน และจะต้องออกแบบให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงที่สุดเพื่อให้เทอร์โมอิเล็กทริกทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยชุดระบายความร้อนจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ คือ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ปั้มน้ำ หม้อน้ำ และพัดลมระบายอากาศ การต่อวงจรของอุปกรณ์ในระบบระบายความร้อน และทิศทางการไหลของน้ำในระบบแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ทิศทางการไหลของน้ำในระบบระบายความร้อน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนหรือความเย็นระหว่างเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลกับสารทำงานที่อยู่ในระบบสารทำงานที่ใช้ในระบบนี้ก็คือ น้ำผสมกับน้ำยาระบายความร้อนหม้อน้ำรถยนต์ สารทำงานจะทำหน้าที่พาความร้อนจากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลไประบายสู่บรรยากาศผ่านทางหม้อน้ำ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ทำจากอลูมิเนียมซึ่งมีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนได้ดี มีน้ำหนักเบา ออกแบบทิศทางการไหลของสารทำงานภายในให้มีลักษณะสลับไปมา เพื่อให้ น้ำสารทำงานสามารถพาความร้อนไปได้มากที่สุด ลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

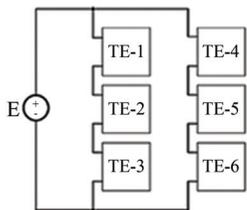
การต่อวงจรเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

ระบบทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลนั้นจะทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดหรือทำอุณหภูมิต่ำสุดได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับระบบระบายความร้อน เพราะหากไม่สามารถระบายความร้อนที่เกิดขึ้นออกจากตัวเทอร์โมอิเล็กทริกได้ทัน ความร้อนที่เกิดขึ้นทางด้านร้อนของโมดูลจะสะท้อนกลับมาทางด้านเย็นของโมดูลทำให้โมดูลไม่สามารถทำความเย็นต่ำสุดได้ เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ในทางปฏิบัติจึงต้องทำการทดสอบหารูปแบบการต่อวงจรของโมดูลและหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมที่จะจ่ายให้กับโมดูล ทั้งนี้เพื่อจะหาจุดที่ระบบทำงานเข้ากันได้เหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด กระทั่งเทอร์โมอิเล็กทริกออกแบบให้เลือกการทำงานได้ 3 โหมด ได้แก่ โหมดครีออน โหมดอุ่น และโหมดเย็น การทดลองหารูปแบบการต่อวงจรและหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับจ่ายให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกในแต่ละโหมดการทำงานสามารถทำได้ดังนี้

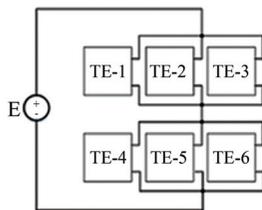
1. การทดลองหาค่าแรงดันที่เหมาะสมสำหรับโหมดทำความเย็น

กระเบื้องเทอร์โมอิเล็กทริกที่สร้างขึ้นใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 6 โมดูล ติดตั้งในตำแหน่งกระจายทั้งแผ่นกระเบื้องเพื่อสามารถให้ความร้อน/ความเย็น ครอบคลุมพื้นที่ของกระเบื้องได้ การทดลองหาค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการทำงานในโหมดทำความเย็นของกระเบื้องนั้น ทำการทดลอง 3 รูปแบบ ดังนี้

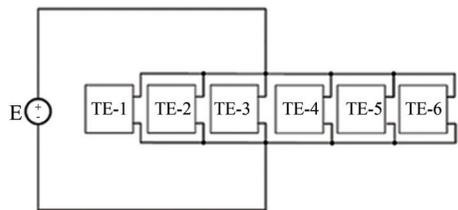
- แบบที่ 1 ต่อโมดูลอนุกรมกัน 3 โมดูล/ชุด แล้วนำมาต่อขนานกันดังรูปที่ 6(ก)
- แบบที่ 2 ต่อโมดูลขนานกัน 3 โมดูล/ชุด แล้วนำมาต่ออนุกรมกันดังรูปที่ 6(ข)
- แบบที่ 3 ต่อขนานกันทั้ง 6 โมดูล ดังรูปที่ 6(ค)



(ก) วงจรแบบที่ 1



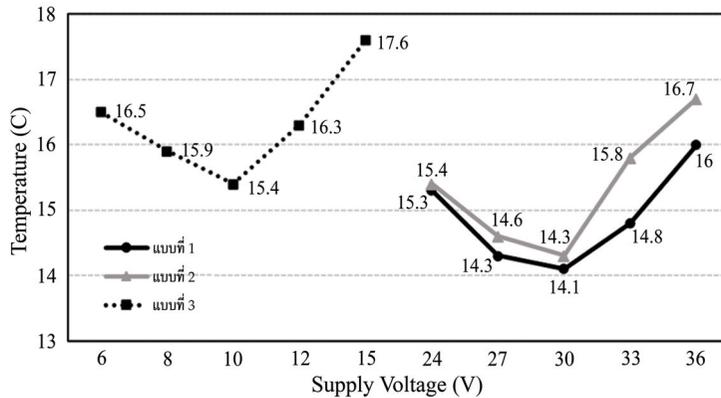
(ข) วงจรแบบที่ 2



(ค) วงจรแบบที่ 3

รูปที่ 6 รูปแบบการต่อวงจรทดลองหาค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมกับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

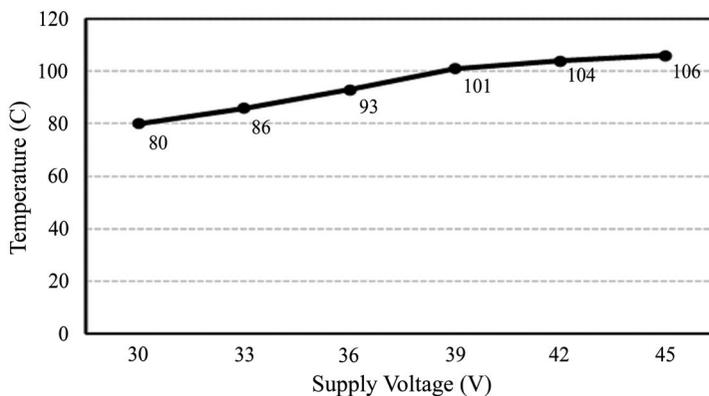
การทดลองหาระดับแรงดันที่เหมาะสมในโหมดทำความเย็น จะทำการต่อวงจรตามรูปแบบที่กำหนดไว้ (รูปที่ 6) แล้วปรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรเป็นลำดับขั้นจากน้อยไปหามาก ทำการอ่านค่าอุณหภูมิที่กระเบื้องสามารถทำได้ที่ระดับแรงดันค่าต่าง ๆ ทำซ้ำให้จนครบทุกรูปแบบวงจร แล้วนำค่าอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ มาเขียนเป็นกราฟเปรียบเทียบกัน จากรูปที่ 7 เห็นได้ว่าการต่อวงจรแบบที่ 1 จะสามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุดที่ 14.1 องศาเซลเซียส ที่ระดับแรงดัน 30 โวลต์คงที่



รูปที่ 7 ผลการทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับจ่ายให้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลโหมดทำความเย็น

2. การทดลองหาค่าแรงดันที่เหมาะสมสำหรับโหมดทำความร้อน

ในส่วนของโหมดทำความร้อนนั้นเลือกใช้วิธีการต่อแบบเดียวกับโหมดทำความเย็น โดยหาระดับแรงดันที่เหมาะสมเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่สูงที่สุด จากการทดลองสรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้น อุณหภูมิก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย เป็นลักษณะกราฟแบบเส้นตรงดังรูปที่ 8 ดังนั้นจึงเลือกใช้แรงดันที่ 45 โวลต์ เพื่อให้แรงดันที่ตกคร่อมต่อโมดูลเท่ากับ 15 โวลต์ ซึ่งได้อุณหภูมิที่สูงที่สุด 107 องศาเซลเซียส



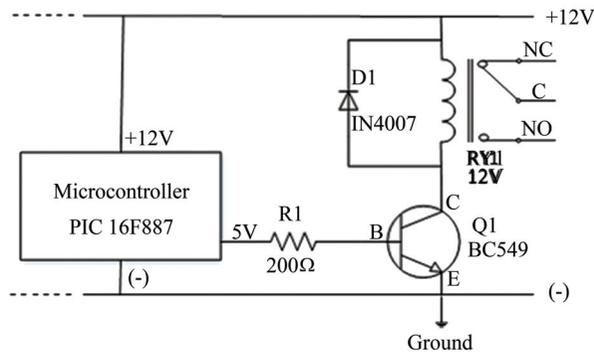
รูปที่ 8 ผลการทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับจ่ายให้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลโหมดทำความร้อน

ตารางที่ 2 สรุประดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานแต่ละโหมด

โหมด	ระดับแรงดัน (โวลต์)
โหมดทำความเย็น	30
โหมดอุ่น	30
โหมดทำความร้อน	45

วงจรจ่ายไฟและวงจรควบคุม

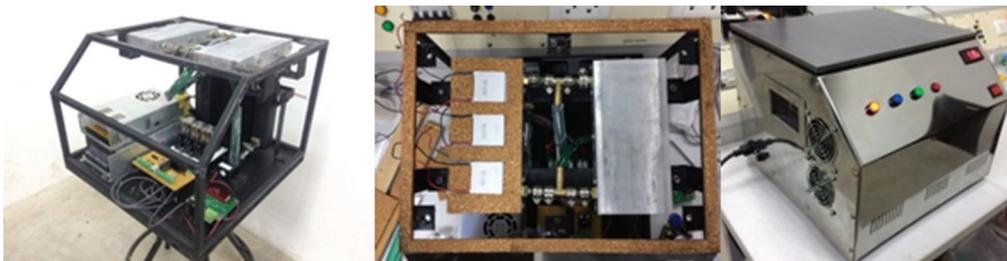
จากตารางที่ 2 ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จะจ่ายให้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมีอยู่ 2 ระดับ คือ 30 โวลต์ และ 45 โวลต์ อีกทั้งการทำงานในโหมดทำความเย็นจำเป็นต้องสลับขั้วของเทอร์โมอิเล็กทริกอีกด้วย เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลและการทำงานที่คล่องตัว จึงใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 มาควบคุมการทำงาน (รูปที่ 2) โดยทำหน้าที่รับคำสั่งจากปุ่มกดที่หน้าเครื่องเพื่อควบคุมให้รีเลย์จ่ายไฟให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกตามโหมดการทำงานของกระเพาะ แต่เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถขับขดลวดรีเลย์ให้ทำงานได้โดยตรง จึงต้องเพิ่มวงจรทรานซิสเตอร์เพื่อช่วยขยายกระแสให้สูงขึ้น โดยต่อทรานซิสเตอร์ Q1 เข้ากับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์และมีตัวต้านทาน R1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งจะทำงานก็ต่อเมื่อพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีสถานะเป็น "1" เมื่อ Q1 ทำงาน กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ซึ่งต่ออยู่กับขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ลงกราวด์ (รูปที่ 9) รีเลย์ก็จะสามารถเปลี่ยนสภาวะการทำงานได้ และจะกลับสู่สภาวะเดิมเมื่อพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีสถานะเป็น "0"



รูปที่ 9 วงจรขับรีเลย์

โครงสร้างของกระเพาะเทอร์โมอิเล็กทริก

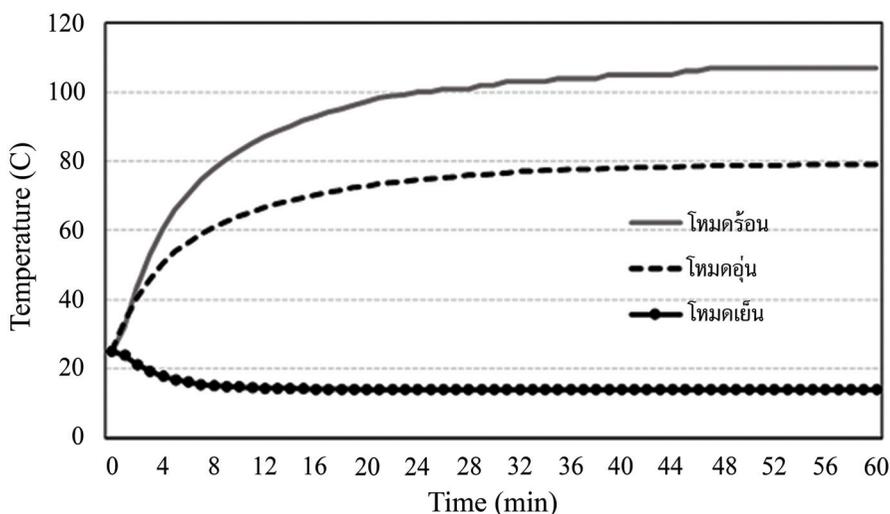
หลังจากหาค่าแรงดันที่เหมาะสมในแต่ละโหมดการทำงานพร้อมออกแบบวงจรควบคุมและจ่ายไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการแล้ว จึงเริ่มประกอบงานจริง โดยใช้เหล็กทำเป็นโครงสร้างของเครื่องและใช้แผ่นสแตนเลสทำเป็นเปลือกด้านนอก รูปที่ 10 แสดงขั้นตอนการประกอบกระเพาะเทอร์โมอิเล็กทริกและชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว



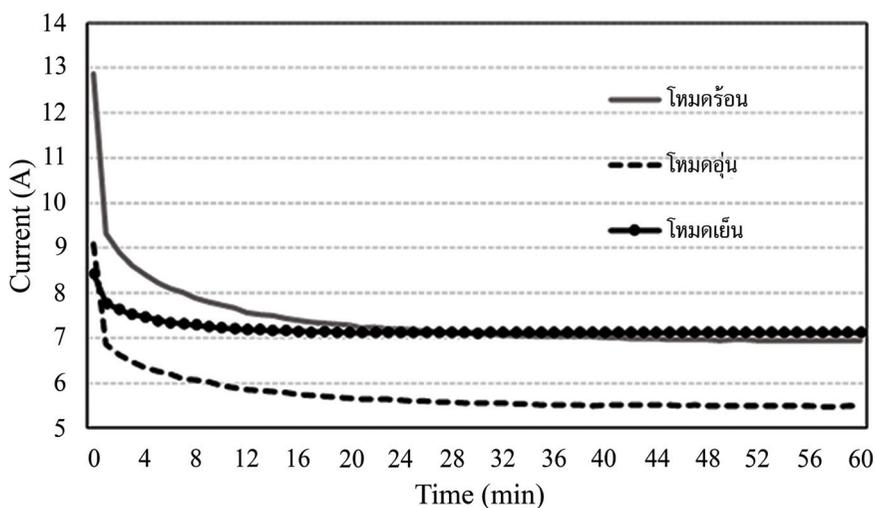
รูปที่ 10 ขั้นตอนการประกอบกระเพาะเทอร์โมอิเล็กทริกและกระเพาะที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว

ผลการวิจัย

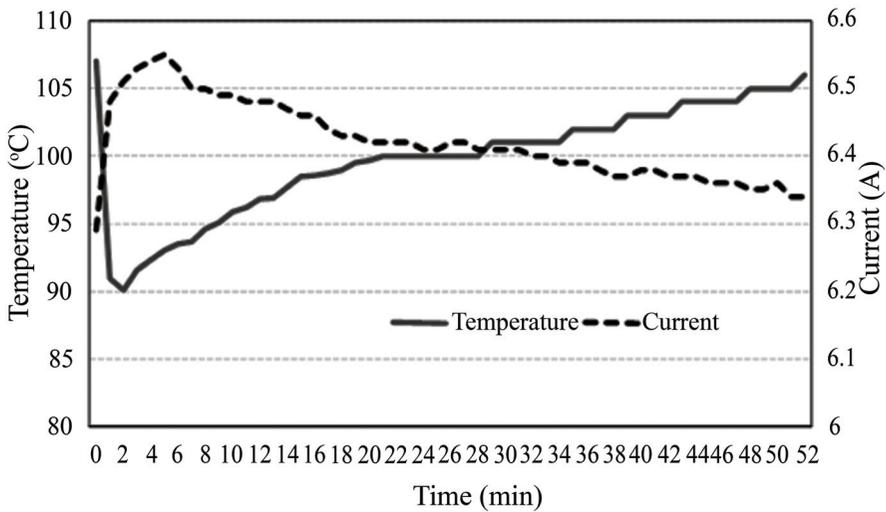
ทำการทดลองวัดค่าอุณหภูมิที่กระเพาะทำได้ในแต่ละโหมดการทำงานเทียบกับเวลาโดยให้กระเพาะเริ่มต้นทำงานที่อุณหภูมิห้อง วัดและบันทึกผลอุณหภูมิที่หน้ากระเพาะ และกระแสไฟฟ้าที่กระเพาะใช้ในทุก ๆ 1 นาที ผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 11 และรูปที่ 12 หลังจากนั้นจึงทำการทดลองใช้กระเพาะเทอร์โมอิเล็กทริกประกอบอาหารจริง เช่น ทอดไข่ดาว ทอดแพนเค้ก และละลายอาหารแช่แข็ง โดยกระแสและอุณหภูมิขณะทอดไข่ดาว 2 ฟอง แสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 11 อุณหภูมิที่กระเพาะเทอร์โมอิเล็กทริกทำได้ในแต่ละโหมดเทียบกับเวลาในการทำงาน



รูปที่ 12 กระแสไฟฟ้าที่กระเพาะเทอร์โมอิเล็กทริกใช้ในแต่ละโหมดเทียบกับเวลาในการทำงาน



รูปที่ 13 อุณหภูมิและกระแสไฟฟ้าที่กระทะเทอร์โมอิเล็กทริกใช้ในโหมดร้อนขณะมีไหลดเป็นไข่ดาว 2 ฟอง

อภิปรายผลการวิจัย

การทดลองใช้งานกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกที่สร้างขึ้น ผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

- ขณะไม่มีไหลดในโหมดทำความร้อน กระทะทำอุณหภูมิสูงสุดได้ที่ 107 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 50 นาที โดยเริ่มต้นจากอุณหภูมิห้อง ในโหมดอุ่น กระทะทำอุณหภูมิสูงสุดได้ที่ 79 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 50 นาที โดยเริ่มต้นจากอุณหภูมิห้อง และในโหมดเย็นกระทะทำอุณหภูมิได้ต่ำสุดที่ 14 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 30 นาที โดยเริ่มต้นจากอุณหภูมิห้องเช่นกัน
- ขณะมีไหลด ในโหมดทำความร้อน กระทะสามารถทำให้ไข่ไก่สุกที่เวลาประมาณ 7 นาที และแบ่งแพนเค้กสุกที่เวลาประมาณ 10 นาที ในโหมดอุ่น กระทะสามารถละลายน่องไก่แช่แข็ง 2 กิโลกรัมได้ที่เวลาประมาณ 25 นาที และในโหมดเย็น สามารถทำให้ไก่สดอุณหภูมิห้องมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 15.3 องศาเซลเซียสได้ (รูปที่ 14)



รูปที่ 14 การใช้งานกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกทอดไข่ดาวและละลายน่องไก่แช่แข็ง

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกกับกระทะไฟฟ้าแบบอื่น ในการต้มน้ำ 300 มิลลิลิตร ให้ได้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ประเภทของกระทะ	เวลา (นาที)	พลังงาน (วัตต์)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
กระทะเทอร์โมอิเล็กทริก	12	375	0.3316
กระทะแบบขดลวดความร้อน	4	1,000	0.2948
เตาแม่เหล็กไฟฟ้า	8	1,500	0.8843

หมายเหตุ อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการคำนวณ สืบค้นเมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2562

จากการทดลองพบว่าโหมคทำความร้อนของกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกเหมาะที่จะใช้ประกอบอาหารชนิดที่ไม่ต้องการความร้อนสูงมาก เช่น การทอดไข่ดาว ไส้กรอก เบคอน หรือแพนเค้ก ในเมนูอาหารเช้า โหมคอุ่นเหมาะสำหรับใช้ในการละลายเนื้อสัตว์แช่แข็ง และโหมคทำความเย็น เหมาะสำหรับเตรียมเนื้อสัตว์ก่อนการปรุงสุก เช่น การหมักเนื้อสัตว์กับเครื่องเทศต่าง ๆ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระทะเทอร์โมอิเล็กทริกที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของเครื่องไฟฟ้าชนิดใกล้เคียงกัน ในการต้มน้ำที่อุณหภูมิห้องให้มีความร้อน 80 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 3

บทสรุป

กระทะเทอร์โมอิเล็กทริกที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ประกอบอาหารได้จริง จากการทดลองพบว่าโหมคทำความเย็น ระบบระบายความร้อนที่สร้างขึ้นยังไม่สามารถระบายความร้อนได้ดีเท่าที่ควร จึงทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกทำงานในโหมคทำความเย็นได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงควรจัดวางให้การระบายอากาศสามารถระบายความร้อนออกจากหม้อน้ำได้มากขึ้น เช่น การเจาะช่องด้านข้างทั้ง 2 ข้าง เพื่อให้อากาศไหลเวียนได้ดีขึ้น การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกโหมคคู่กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นต้องติดตั้งให้พื้นผิวของชิ้นงานทั้งสองแนบสนิทกันและต้องทาซิลิโคนระบายความร้อนเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการนำความร้อน ความสามารถในการทำความเย็นจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อสามารถระบายความร้อนออกจากด้านร้อนของโหมคได้มากยิ่งขึ้น แนวทางการพัฒนากระทะเทอร์โมอิเล็กทริกก็คือ การเพิ่มจำนวนโหมคเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อให้ทำความร้อนและความเย็นได้มากยิ่งขึ้น จากงานวิจัยนี้เราสามารถนำผลการวิจัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานแบบอื่น ๆ ที่ต้องการสร้างความร้อนหรือความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโหมคได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย และขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยเรื่องนี้จากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2562 ทำให้งานวิจัยนี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

- [1] Jensak, E. and Smit, I. (2005). Thermoelectric Water Cooler. **The 1st Conference On Energy Network of Thailand, Pattaya, Chonburi**. Thailand, Pages AE02-1 - AE02-4 (in Thai)
- [2] Rowe D. M. (1995). **CRC Handbook of Thermoelectrics**. CRC Press, USA, pp. 489-501
- [3] Arenas A, Vázquez J., Palacios R., (2002), Performance Analysis of Thermoelectric Pellets with Non-Constant Cross Sections. In **7th European Workshop on Thermoelectrics**. Pamplona, Spain.
- [4] Gao, M., Rowe, D. M. (1999). Cooling Performance of Integrated Thermoelectric Microcooler. **Solid-State Electronics**. Vol. 43, Issue 5, pp. 923-929. DOI: 10.1016/S0038-1101(99)00045-3
- [5] Office of the Consumer Protection Board. (2016). **Silent Harm from Aluminum Containers**. Access (13 December 2018). Available (http://www.ocpb.go.th/download/article/article_20171215140715.pdf) (in Thai)