

การปรับปรุงระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริก ด้วยการจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง

Voltage Level Improvement for Thermoelectrics using Discontinuous Heating

ปิยพัฒน์ ปานเมือง (Piyapat Panmuang)^{1*} ดร.ชลธิ์ โพธิ์ทอง (Dr.Chonlatee Photong)**

บทคัดย่อ

เทอร์โมอิเล็กทริกสามารถแปลงความร้อนเป็นไฟฟ้าได้โดยตรงโดยระดับแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก แต่การจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องแก่ด้านร้อนโดยด้านเย็นไม่มีระบบรักษาความเย็นที่ระดับแรงดันที่ได้จะลดลง งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการปรับปรุงระดับแรงดันด้วยการจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง ผลการทดลองพบว่า การจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่องในช่วงอุณหภูมิ 40-100 องศาเซลเซียส ที่คาบเวลา 100-1,000 วินาที ให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลเดี่ยว ระดับแรงดันเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.8-57.0 และ 82.1-114.5 สำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกที่ด้านเย็นมีและไม่มีแผ่นครีบบระบายความร้อน ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องในช่วงอุณหภูมิเดียวกัน การประยุกต์เทคนิคข้างต้นกับเทอร์โมอิเล็กทริก 2 โมดูลที่มีแผ่นครีบบัวยระบายความร้อน พบว่าเทคนิคดังกล่าวช่วยให้แรงดันลดลงเพียง 0.5-1 โวลต์ต่อชั่วโมง ซึ่งดีกว่าการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องที่มีแรงดันลดลง 1-3 โวลต์ต่อชั่วโมง ผลการทดลองยังพบอีกว่า การจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่องสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง 0.807-14.58 มิลลิวัตต์ ซึ่งสูงกว่าการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องที่ให้กำลังสูงสุดเพียง 0.016-8.585 มิลลิวัตต์

ABSTRACT

Thermoelectrics can convert heat to electricity directly. The electric voltage levels generated by thermoelectrics are dependent on temperature difference between the hot sides and the cold sides of them. But continue heating hot sides of thermoelectrics without proper cooling systems can lead to the voltage level drop. This paper presents voltage level improvement for thermoelectrics using discontinuous heating. The experimental results showed that when applying discontinuous heating in the range of 40-100 °C with periodic time of 100-1,000 seconds to a single thermoelectric, the average voltage of the thermoelectric would increase 32.8-57.0% and 82.1-114.5% for of the thermoelectric with and without the heatsink,

¹ Correspondent author: tum_anu@hotmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

respectively; when compared to the continuous heating with the same temperature range. When applying this periodic heating technique for 2 thermoelectric modules with the heatsink, the results showed that the voltage levels would drop only 0.5–1 volts; which were better than the continuous heating that had the voltage level drop 1–3 volts. In addition, the proposed discontinuous heating could generate electrical power in the range of 0.807–14.58 mW, which would be higher than the continuous heating that generated 0.016–8.585 mW.

คำสำคัญ: เทอร์โมอิเล็กทริก การปรับปรุงระดับแรงดันไฟฟ้า ความร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง

Keywords: Thermoelectrics, Voltage level improvement, Discontinuous heating

บทนำ

สถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการเติบโตของ เศรษฐกิจ จากผลสำรวจการใช้พลังงานช่วงห้าเดือน แรกของปี พ.ศ.2558 พบว่าพลังงานที่ใช้มากที่สุด สองอันดับแรกคือ น้ำมันสำเร็จรูป และพลังงานไฟฟ้า ที่ร้อยละ 48.3 และ 18.7 ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ ภายในประเทศ ตามลำดับ [1] ซึ่งโดยส่วนใหญ่ น้ำมัน สำเร็จรูปจะถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดความร้อนทั้งจากกระบวนการเผาไหม้ ที่ไม่สามารถนำพลังงานความร้อนไปใช้ได้ทั้งหมด ตามหลักการของอุณหพลศาสตร์ อย่างไรก็ตาม พลังงานความร้อนที่เหลือนี้อาจสามารถนำกลับมา ใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าอีกครั้งโดยตรงด้วย เทอร์โมอิเล็กทริก หรือโดยทางอ้อมด้วยการเผา ไหม้เชื้อเพลิงและขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นครั้งที่ สอง [2–4] แต่การผลิตไฟฟ้าแบบโดยทางอ้อมอาจ ประสบปัญหาในส่วนกระบวนการที่ซับซ้อน ยากต่อ การเพิ่มกำลังหรือเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตไฟฟ้า การลงทุนให้คุ้มค่าต้องมีขนาดใหญ่และต้องการ การบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ [5–6] งานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นการผลิตไฟฟ้าแบบโดยตรงโดยใช้เทอร์โม อิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ ซึ่งถูกประกอบด้วยแผ่นเซรามิก 2 ด้านโดยสามารถผลิต ไฟฟ้าได้จากการจ่ายความร้อนที่ด้านร้อนและจ่ายความ

เย็นที่ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อเกิดความ แตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของ เทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเทอร์ โมอิเล็กทริกขึ้น อย่างไรก็ตาม ระดับแรงดันไฟฟ้า และกระแสที่ผลิตได้ยังขึ้นอยู่กับวัสดุเทอร์โมอิเล็ก ทริกที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำจำพวก บิสมัท เทอร์ เลอร์ไลต์ ตะกั่ว และ ซิลิกอน-เจอร์เมเนียม ซึ่ง เป็นวัสดุที่สามารถนำไฟฟ้าและความร้อนในเวลา เดียวกัน [7] ดังนั้น เมื่อไม่มีการระบายความร้อนที่ดีใน ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกหลังจากถูกจ่ายความ ร้อนที่ด้านร้อน จะทำให้ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่าง ด้านลดลงและส่งผลให้ระดับแรงดันไฟฟ้าลดลง ตามไปด้วย

เพื่อเป็นการแก้ไขข้อจำกัดข้างต้น นักวิจัย หลายท่านได้ทำการศึกษาเพื่อชะลอหรือเพิ่มความ แตกต่างระหว่างด้านของเทอร์โมอิเล็กทริกด้วย หลายเทคนิควิธีด้วยกัน โดยเทคนิคส่วนใหญ่เป็น การระบายความร้อนที่ด้านเย็นเพื่อรักษาอุณหภูมิให้ ต่ำ ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น บทความ [8] ได้ทำการ ทดสอบการใช้แผ่นระบายความร้อนแบบ Louver fin, Plate fin และ Offset strip fin สำหรับเทอร์โมอิ เล็กทริก พบว่า แผ่นระบายความร้อนแบบ Plate fin และ Offset strip ให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance: COP) ที่ดีกว่า คิดเป็นร้อยละ 24.4 และ 27.7 ตามลำดับ ซึ่งจะช่วย ระบายความร้อนออกจากเทอร์โมอิเล็กทริกส่งผล

ต่อความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านและแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น ในบทความ [9] ได้นำเสนอการออกแบบความกว้างและยาวของชั้นระบายความร้อนของอุปกรณ์ระบายความร้อนพบว่า พื้นที่หน้าตัดที่ทำให้สามารถระบายความร้อนเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ดีคือขนาด 4.2 ตร.มม. โดยใช้ร่วมกับของเหลวที่มีอัตราเร็ว 1.632 เมตรต่อวินาที ซึ่งช่วยในการรักษาความแตกต่างระหว่างด้านของเทอร์โมอิเล็กทริก ส่งผลต่อแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในบทความ [10] ได้นำเสนอวัสดุที่ใช้ทำแผ่นระบายความร้อน 3 ชนิด ได้แก่ แกร์ไฟต์ ทองแดง และอะลูมิเนียม โดยทดลองกับแผ่นระบายความร้อนทั้ง 4 แบบ พบว่า แกร์ไฟต์เป็นวัสดุที่สามารถระบายความร้อนได้ดีที่สุด ตามด้วยทองแดง และอะลูมิเนียม ซึ่งการใช้วัสดุที่มีการระบายความร้อนที่ดี ส่งผลต่อการรักษาความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านของเทอร์โมอิเล็กทริก และขนาดแรงดันที่เพิ่มขึ้นด้วย ในบทความ [11] ได้ศึกษาความหนาครีบบนแผ่นระบายความร้อนที่ส่งผลต่อการระบายความร้อน โดยทดลองกับแผ่นระบายความร้อนที่ทำจากวัสดุต่างชนิด คือ อะลูมิเนียม ทองแดง และซิลิกอน พบว่าครีบบนแผ่นระบายความร้อนแบบบางจะสามารถระบายความร้อนได้ดีกว่าครีบบางหนา ซึ่งช่วยในการออกแบบแผ่นครีบบนระบายความร้อนสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริก ที่ช่วยให้ระบายความร้อนและปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในบทความ [12] ได้ศึกษาจำนวนครีบบนที่มีต่อค่าความต้านทานความร้อนของแผ่นระบายความร้อน โดยทดลองกับแผ่นระบายความร้อนมีทั้งหมด 5 แบบ ได้แก่ แบบ 4 6 8 10 และ 12 ครีบบน พบว่า แผ่นครีบบนจำนวน 12 ครีบบนช่วยลดค่าความต้านทานความร้อนได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับแบบ 4 6 8 และ 10 ครีบบน คิดเป็นร้อยละ 43.47 30.64 19.04 และ 2.11 ตามลำดับ ซึ่งจำนวนครีบบนที่เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการระบายความร้อนและขนาดแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในบทความ [13] ได้ศึกษาผลกระทบการผลิตความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากทิศทางการไหลของอากาศบนแผ่นระบายความร้อนทั้งหมด

4 แบบโดยใช้ร่วมกับพัดลม ได้แก่ แบบดูดเข้าด้านเย็นและเป่าออกด้านร้อน แบบดูดเข้าด้านเย็นและดูดเข้าด้านร้อน แบบเป่าออกด้านเย็นและดูดเข้าด้านร้อน การเป่าออกด้านเย็นและเป่าออกด้านร้อน พบว่าการเป่าอากาศออกจากด้านร้อนและการดูดอากาศเข้าทางด้านเย็นนั้นเหมาะสำหรับทำความเย็นให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกมากที่สุด ซึ่งการศึกษาทิศทางการติดตั้งพัดลมระบายความร้อนสำหรับแผ่นครีบบนระบายความร้อน จะช่วยให้การระบายความร้อนมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการระบายความร้อนและปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริกค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งวิธีการต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นในการเพิ่มหรือรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเทอร์โมอิเล็กทริกอยู่บนพื้นฐานของการรักษาความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านของเทอร์โมอิเล็กทริกให้ได้มากที่สุด ซึ่งต้องอาศัยการรักษาความร้อนในด้านร้อนให้ต่อเนื่องและมีอุณหภูมิสูง ในขณะที่นิยมติดตั้งระบบระบายความร้อนในด้านเย็นที่เหมาะสม ซึ่งการเลือกอุปกรณ์ระบายความร้อนที่เหมาะสมนี้นำมาซึ่งต้นทุนของอุปกรณ์ระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และบางเทคนิคต้องอาศัยพลังงานส่วนหนึ่งที่ผลิตได้จากเทอร์โมอิเล็กทริกช่วยขับเคลื่อนในการระบายความร้อนเพื่อให้ระบบทำงานได้ดีขึ้น ซึ่งส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้จากเทอร์โมอิเล็กทริกมีปริมาณต่ำ อีกทั้งยังเพิ่มความซับซ้อนในระบบซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการผลิตรวมถึงต้นทุนการบำรุงรักษาระบบที่ซับซ้อนไปด้วย [14] ดังนั้นการเสาะแสวงหาวิธีการรักษาระดับแรงดันของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ให้ระดับแรงดันสูงขึ้นโดยไม่มีต้นทุนหรือต้นทุนที่ต่ำลงของระบบระบายความร้อนจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริก

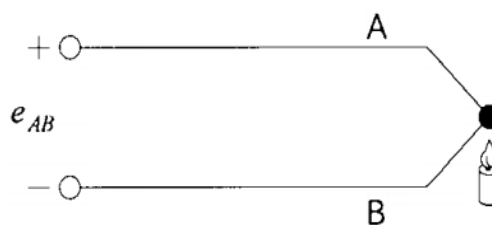
งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคในการปรับปรุงระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกด้วยวิธีการจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงแรงดันเฉลี่ยไฟฟ้าสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกและปรับปรุงระดับแรงดันไฟฟ้าจากการจ่ายความร้อน

อย่างต่อเนื่องแก่เทอร์โมอิเล็กทริก โดยทดสอบเบื้องต้นกับเทอร์โมอิเล็กทริก 2 โมดูล เพื่อเปรียบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างการจ่ายความร้อนทั้งสองแบบ ซึ่งเทคนิคการจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่องนี้ ได้มีการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกมาแล้ว [15] โดยเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกหรือค่าฟิสิกเกอออฟเมอริท (ZT) ของวัสดุสารกึ่งตัวนำที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำบิสมัทเทอร์ไลต์ ด้วยวิธีการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องทั้งหมด 4 แบบได้แก่ 10% ของรอบทำงาน 20% ของรอบทำงาน แบบไซน์เวฟ และแบบสแควเวฟ พบว่า การจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องแบบไซน์เวฟและสแควเวฟ สามารถเพิ่มค่าฟิสิกเกอออฟเมอริทของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก จาก 1 เป็น 1.4 และ 1.8 คิดเป็นร้อยละ 40 และ 80 ตามลำดับโดยทดลองที่อุณหภูมิห้อง 300 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างด้านของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ 100 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวเป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก แต่ไม่ได้บอกถึงลักษณะของแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการรับความร้อนไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าโดยละเอียดแล้วพบว่ายังไม่มีผู้ศึกษาในส่วนนี้ ผู้วิจัยจึงประสงค์ที่จะศึกษาวิธีการปรับปรุงระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกด้วยเทคนิคการจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานวิจัยในอนาคตในการประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกต่อไป

ทฤษฎีเทอร์โมอิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริกเกิดจากคัมพของนักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ที่พบว่าเมื่อเกิดอุณหภูมิแตกต่างระหว่างรอยต่อของโลหะสองชนิด จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่วงจรปลายเปิด ซึ่งปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิรอยต่อโลหะทั้งสอง ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังแสดงใน

สมการที่ (1) และ (2)



ภาพประกอบหลักการเทอร์โมอิเล็กทริก

$$e_{AB} = \alpha \cdot \Delta T \quad (1)$$

$$\alpha = \alpha_A - \alpha_B \quad (1)$$

เมื่อ e คือ แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)

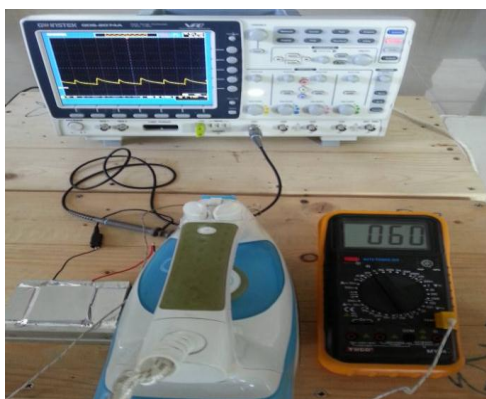
$\alpha_{A,B}$ คือ สัมประสิทธิ์ซีเบคของโลหะ

A และ B ตามลำดับ (โวลต์/เคลวิน)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (เคลวิน)

อย่างไรก็ตาม ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างรอยต่อทั้งสองเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นกับคุณสมบัติของวัสดุของโลหะทั้งสองชนิดด้วย ซึ่งในปัจจุบันได้พัฒนาวัสดุดังกล่าวเป็นสารกึ่งตัวนำจำพวก บิสมัทเทอร์ไลต์ ตะกั่ว และซิลิกอน-เจอร์เมเนียม [7] ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสารที่มีสภาพนำความร้อนต่ำ (ความร้อนเกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทานอุปกรณ์) ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคที่สูงซึ่งเป็นค่าที่บอกความสามารถในการแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือแปลงจากพลังงานไฟฟ้าเป็นความเย็นได้ดี และมีสภาพความนำความร้อนต่ำ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง



ภาพและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้ในการทดลองคือ เทอร์โมอิเล็กทริกของบริษัท Marlow Industries, inc. รุ่น DT12-6 306213 มีขนาด 40x40 มม.หนา 3.6 มม.

- ครีบบระบายความร้อน มีขนาดกว้าง x ยาว 7 x 9 ซม. สูง 3.5 ซม.หนา 1 มม. ค่าความนำความร้อน 273 วัตต์/มิลลิองศาเซลเซียส

- แหล่งจ่ายความร้อนเป็นเตารีดแบบปรับอุณหภูมิได้ไม่เกิน 150 องศาเซลเซียสรุ่น AJ

- ความต้านทาน 1 2 5 และ 10 โอห์ม

- เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค ที่ต่อเข้ากับมัลติมิเตอร์รุ่น YUGO MY64

- ออสซิลโลสโคปรุ่น GWINSTEKGDS-2074A ด้วยอัตราแรงดัน 500 มิลลิโวลต์ต่อช่อง (500mv/div) และเวลาต่อช่อง 100 วินาทีต่อช่อง (100s/div) ใช้วัดสัญญาณและแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริกสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์

วิธีการทดลอง

การทดลองเป็นการเปรียบเทียบการปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริก ระหว่างการจ่ายความร้อนต่อเนื่อง และการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่อง

แบบสแคว์เวฟที่ 50% รอบการทำงาน (ให้ความร้อน 100 วินาที และหยุดให้ความร้อน 100 วินาที ซึ่งการจ่ายความร้อนแบบสแคว์เวฟช่วยปรับปรุงคุณสมบัติวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก [15]) ทั้งกรณีเทอร์โมอิเล็กทริก 1 และ 2 โมดูล

การทดลองที่ (1) เป็นการจ่ายความร้อนที่อุณหภูมิ 40 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แก่เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1 โมดูล ในกรณีที่มีแผ่นครีบบระบายความร้อนและไม่มีแผ่นครีบบระบายความร้อน เพื่อเปรียบเทียบแรงดันเฉลี่ยที่ผลิตได้ ระหว่างการจ่ายความร้อนต่อเนื่องและการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องแบบสแคว์เวฟที่ 50% รอบการทำงาน ที่คาบเวลา 100 200 300 400 500 600 700 800 900 และ 1,000 วินาที โดยทำการทดลอง 3 ครั้งต่อคาบเวลาต่ออุณหภูมิแหล่งจ่ายความร้อน โดยทดลองที่ 1,000 วินาทีต่อครั้ง (เวลาสูงสุดของออสซิลโลสโคป; 100s/div) เพื่อใช้ค่าเฉลี่ยจากการเฉลี่ยแรงดันเฉลี่ยทั้ง 3 ค่าที่ได้จากการทดลอง

การทดลองที่ (2) เป็นการจ่ายความร้อนที่อุณหภูมิ 40 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แก่เทอร์โมอิเล็กทริกที่มีแผ่นครีบบระบายความร้อน เพื่อเปรียบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าหลังการจ่ายความร้อนแก่เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ระหว่างการจ่ายความร้อนต่อเนื่องแก่เทอร์โมอิเล็กทริก 2 โมดูล และการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องแบบสแคว์เวฟที่ 50% รอบการทำงาน โดยสลับการจ่ายความร้อนระหว่างเทอร์โมอิเล็กทริก 2 โมดูล ซึ่งคาบเวลาในการทดลองนี้ได้จากการทดลองที่ (1) ในกรณีที่มีแผ่นครีบบระบายความร้อน โดยพิจารณาจากคาบเวลาที่ทำให้แรงดันเฉลี่ยสูงและระดับความแตกต่างแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด เพื่อใช้ในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริก

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ (1) เป็นผลการจ่ายความร้อนที่อุณหภูมิ 40 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส

ตามลำดับ แก่เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1 โมดูล ในกรณีที่มีแผ่นครีบบและไม่มีแผ่นครีบบระบายความร้อน เพื่อเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยระหว่างการจ่ายความร้อนต่อเนื่อง และการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องที่คาบเวลา 100 200 300 400 500 600 700 800 900 และ 1,000 วินาที พบว่า ในกรณีที่เทอร์โมอิเล็กทริกไม่มีอุปกรณ์ระบายความร้อน แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องสามารถผลิตได้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยจากการจ่ายความร้อนต่อเนื่องเกือบทุกคาบเวลา ยกเว้นการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องที่คาบเวลา 1,000 วินาที ที่ผลิตแรงดันเฉลี่ยได้น้อยกว่าการจ่ายความร้อนต่อเนื่อง (เนื่องจากการจ่ายความร้อนต่อเนื่อง จ่ายความร้อน 1,000 วินาที หรือ จ่ายความร้อนตลอดต่อเนื่องหนึ่งครั้งการทดลอง ซึ่งแตกต่างจากการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องที่คาบเวลา 1,000 วินาที ที่จ่ายความร้อน 500 วินาทีและหยุดจ่ายความร้อน 500 วินาที) ซึ่งการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วง 54.2–206.6 มิลลิโวลต์ สูงกว่าแรงดันเฉลี่ยที่ได้จากการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องที่สามารถผลิตได้ในช่วง 29.7–100.8 มิลลิโวลต์ ซึ่งการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องสามารถผลิตแรงดันเฉลี่ยได้สูงกว่าการจ่ายความร้อนต่อเนื่องคิดเป็นร้อยละ 82.1–114.5 ที่ช่วงอุณหภูมิแหล่งจ่ายความร้อน 40–100 องศาเซลเซียส แสดงในภาพที่ 1 และในกรณีที่มีแผ่นครีบบระบายความร้อน การจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องสามารถผลิตแรงดันเฉลี่ยในช่วง 182.3–476.6 มิลลิโวลต์ สูงกว่าแรงดันเฉลี่ยที่ได้จากการจ่ายความร้อนต่อเนื่องที่สามารถผลิตได้ในช่วง 137.3–288.3 มิลลิโวลต์ ที่ช่วงอุณหภูมิแหล่งจ่ายความร้อนที่ 40–60 องศาเซลเซียส ซึ่งการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องสามารถผลิตแรงดันเฉลี่ยได้สูงกว่าการจ่ายความร้อนต่อเนื่องคิดเป็นร้อยละ 32.76–57.9 แต่ในช่วงแหล่งจ่ายความร้อนที่ 80–100 องศาเซลเซียส ผลิตแรงดันเฉลี่ยได้ 641.0–893.3 มิลลิโวลต์ ซึ่งน้อยกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องที่ผลิตได้ในช่วง 710.3–1,070 มิลลิโวลต์ แสดงในภาพที่ 2 ผลการทดลองทั้งสองส่วนอธิบายอย่างง่าย

ด้วยกราฟเปรียบเทียบระหว่างการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่องแก่เทอร์โมอิเล็กทริกที่มีและไม่มีแผ่นครีบบระบายความร้อน ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน แสดงในภาพที่ 3 (ก)–(ข) โดยค่าแรงดันเฉลี่ยที่น้อยกว่าจากการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่อง ที่อุณหภูมิการทดลองที่ 80–100 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองต่อครั้งที่ 1,000 วินาที ส่งผลให้ค่าแรงดันเฉลี่ยที่ได้จากการจ่ายความร้อนต่อเนื่อง ที่อุณหภูมิแหล่งจ่ายความร้อนอุณหภูมิสูง มีค่ามากในช่วงแรก แต่หลังจากเทอร์โมอิเล็กทริกถูกจ่ายความร้อน 1,000 วินาที ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะลดลง ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงตามไปด้วย แตกต่างจากระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องที่ระยะเวลาการทดลองเท่ากัน ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีลักษณะสม่ำเสมอเมื่อเทียบกับช่วงแรก ส่งผลต่อแรงดันเฉลี่ยที่ได้มีค่าใกล้เคียงแรงดันเฉลี่ยช่วง 1,000 วินาทีแรก จากการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าจากการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องนี้จึงใช้เป็นเทคนิคในการรักษาแรงดันไฟฟ้าในการทดลองต่อไป

ผลการทดลองที่ (2) เป็นผลการจ่ายความร้อนที่อุณหภูมิ 40 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แก่เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 2 โมดูล ที่มีแผ่นครีบบระบายความร้อน ด้วยการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่องที่คาบเวลา 300 วินาที ซึ่งเป็นคาบเวลาที่รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าได้ดีที่สุด และมีค่าเฉลี่ยสูง พบว่า การจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่องที่คาบเวลา 300 วินาที เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5–1 โวลต์ ซึ่งลดลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องที่ระยะเวลาการทดลองเท่ากัน ที่แรงดันลดลง 1–3 โวลต์ แสดงในภาพที่ 4 และ ภาพที่ 5 ตามลำดับ ผลการทดลองทั้งสองส่วนอธิบายอย่างง่ายด้วยกราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าลดลงระหว่างการจ่ายความร้อนต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง แก่เทอร์โมอิเล็กทริก 2 โมดูล ที่มีแผ่นครีบบระบายความร้อน ที่อุณหภูมิแตกต่างกันเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง แสดงในภาพที่ 6 โดยวิธีการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย

และกระแสเฉลี่ยได้ 0.55 โวลต์ และ 41 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยและกระแสเฉลี่ยจากการจ่ายความร้อนต่อเนื่องให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกที่ผลิตแรงดันเฉลี่ยและกระแสเฉลี่ยได้ 0.352 โวลต์ และ 26.45 มิลลิแอมป์ ซึ่งการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องสามารถเพิ่มแรงดันเฉลี่ยและกระแสเฉลี่ยจากการจ่ายความร้อนต่อเนื่องคิดเป็นร้อยละ 56.25 และ 55 ตามลำดับ แสดงในภาพที่ 7 และการจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่องสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้ 7.693 มิลลิวัตต์ ซึ่งสูงกว่าการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องที่ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ในช่วง 4.3 มิลลิวัตต์ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 78.9 แสดงในภาพที่ 8 การทดลองข้างต้นเป็นการเปรียบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้ระหว่างการจ่ายความร้อนต่อเนื่องและการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่อง ในช่วงอุณหภูมิแหล่งจ่ายความร้อน 40-100 องศาเซลเซียส ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะอธิบายเป็นช่วงของแรงดันเพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปประยุกต์ใช้กับแหล่งจ่ายความร้อนในช่วงอุณหภูมิการทดลอง โดยทดลองเบื้องต้นกับเทอร์โมอิเล็กทริก 2 โมดูล ซึ่งการนำไปประยุกต์ใช้งานกับเทอร์โมอิเล็กทริกที่จำนวนแตกต่างกันในระบบที่มีการระบายความร้อนไม่เพียงพอ ลักษณะแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะลดลงหลังจากเทอร์โมอิเล็กทริกถูกจ่ายความร้อนต่อเนื่อง ซึ่งต่างจากระดับแรงดันไฟฟ้าจากการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องที่มีระดับสม่ำเสมอหลังถูกจ่ายความร้อนคล้ายกับผลการทดลองข้างต้น แต่ขนาดของแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าที่ได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนเทอร์โมอิเล็กทริกและการต่ออนุกรมหรือขนานในวงจรของเทอร์โมอิเล็กทริก

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริก ด้วยการจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่องที่ด้านร้อน โดยทำการทดลองกับเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1 และ 2 โมดูล โดยทำการจ่ายความร้อนที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกที่

อุณหภูมิแตกต่างกัน ส่วนด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ ไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการระบายความร้อน และมีแผ่นครีบบอลูมิเนียมขนาด 7x9 ซม. สูง 3.5 ซม.หนา 1 มม. ช่วยในการระบายความร้อน ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ ดังนี้

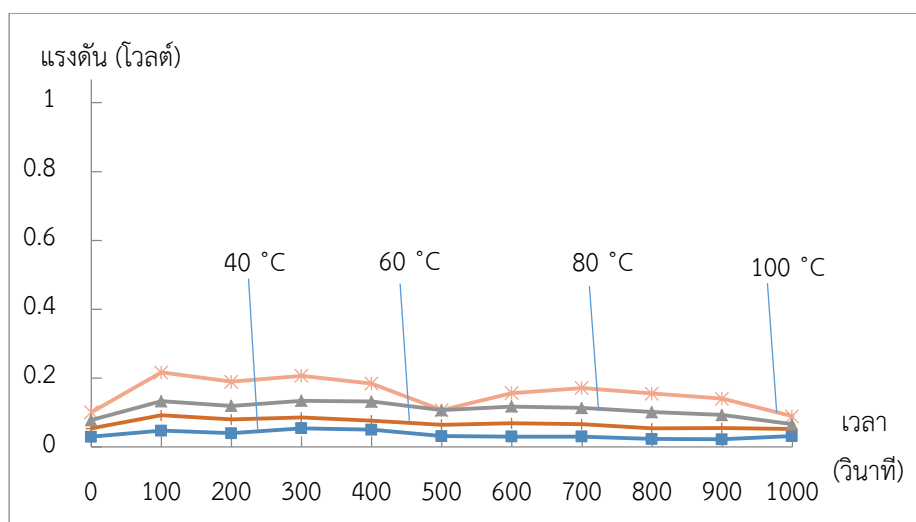
การเพิ่มระดับแรงดันเฉลี่ยสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริก 1 โมดูล ที่มีและไม่มีแผ่นครีบบอลูมิเนียมช่วยระบายความร้อน ด้วยการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่อง พบว่าเทอร์โมอิเล็กทริกที่ไม่มีแผ่นครีบบอลูมิเนียมถูกจ่ายความร้อนที่อุณหภูมิ 40-100 องศาเซลเซียส และเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีแผ่นครีบบอลูมิเนียมถูกจ่ายความร้อนที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส สามารถผลิตแรงดันเฉลี่ยได้ในช่วง 54.2-206.6 มิลลิโวลต์ และ 182.3-476.6 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่อง ที่สามารถผลิตแรงดันเฉลี่ย 29.7-100.8 โวลต์ และ 137.3-288.3 โวลต์ สามารถเพิ่มแรงดันเฉลี่ยได้สูงกว่าคิดเป็นร้อยละ 82.1-114.5 และ 32.8-57.9 ในกรณีเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีแผ่นครีบบอลูมิเนียมทดลองที่อุณหภูมิแหล่งจ่าย 80-100 องศาเซลเซียส การจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องผลิตแรงดันเฉลี่ยได้น้อยกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการจ่ายความร้อนต่อเนื่องเนื่องจากระยะเวลาในการทดลองต่อครั้งที่ 1,000 วินาที ซึ่งการจ่ายความร้อนอุณหภูมิสูงอย่างต่อเนื่องจะส่งผลต่อแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าสูงในช่วงแรก แตกต่างจากระดับแรงดันไฟฟ้าของการจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องที่มีระดับต่ำกว่าแต่มีความสม่ำเสมอของระดับแรงดันไฟฟ้า เมื่อวิเคราะห์ระดับของแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง พบว่า การจ่ายความร้อนไม่ต่อเนื่องสามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าได้ดีกว่าแรงดันไฟฟ้าจากการจ่ายความร้อนต่อเนื่อง หลังจากจ่ายความร้อนผ่านไปเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทุกอุณหภูมิแหล่งจ่ายความร้อน ซึ่งจะส่งผลต่อแรงดันเฉลี่ยที่มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันเฉลี่ยในช่วง 1,000 วินาทีแรก แตกต่างจากระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการจ่ายความร้อนต่อเนื่องที่มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ซึ่งส่งผลต่อแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ลดลงตามไปด้วย

การรักษาระดับแรงดันสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริก 2 โมดูล ที่มีแผ่นครีปช่วยระบายความร้อน ด้วยการจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง ที่อุณหภูมิ 40 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่า การจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่องที่คาบเวลา 300 วินาที ซึ่งเป็นคาบเวลาที่รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าได้ดีที่สุด และมีค่าเฉลี่ยสูง เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง แรงดันลดลง 0.5-1 โวลต์ ซึ่งลดลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลาเท่ากัน ที่แรงดันลดลง 1-3 โวลต์ และผลการทดลองยังพบอีกว่า การจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่องสามารถผลิตแรงดันเฉลี่ย กระแสเฉลี่ย และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้ 0.55 โวลต์ 41 มิลลิแอมแปร์ และ 7.693 มิลลิวัตต์ ซึ่งสูงกว่าการจ่ายความร้อนต่อเนื่องที่ผลิตแรงดันเฉลี่ย กระแสเฉลี่ย และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้ 0.352 โวลต์ 26.45 มิลลิแอมป์ และ 4.3 มิลลิวัตต์เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง อีกด้วย

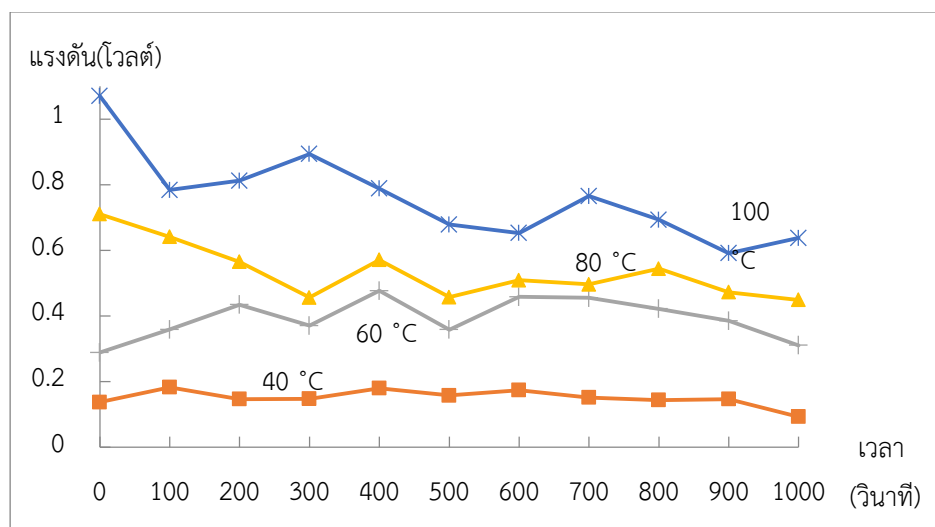
เอกสารอ้างอิง

1. Thailand's energy situation January-May 2558 [Internet]2015 May. Available from: http://www.m-society.go.th/article_attach/14501/18153.pdf. Thai
2. Thermoelectrics: electricity generator from industrial waste heat [Internet]2011 Oct-Nov. Available from: http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/tn219A_p52-55.pdf
3. Kyono T, Suzuki RO, Ono K. Conversion of unused heat energy to electricity by means of thermoelectric generation in condenser, IEEE Trans. On Energy Conversion, vol. 18, no. 2, pp. 330-334, Jun. 2003.
4. Haidar JG, Ghajel JI. Waste heat recovery from the exhaust of low-power diesel engine using thermoelectric generators, Proceedings ICT2001. 20 International Conference on Thermoelectrics, 2001.
5. Crane DT, Jackson GS. Systems-level optimization of low-temperature thermoelectric waste heat recovery" IECEC '02. 2002 37th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, 2002., 2004. [3.4] 14 Automotive waste heat harvesting for electricity generation using thermoelectric systems – an overview
6. Engineering Scoping Study of Thermoelectric Generator System [Internet]2006 Nov. Available from: http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/industries_technologies/imf/pdfs/teg_final_report_13.pdf
7. Hendricks T, William T. Choate, Engineering Scoping Study of Thermoelectric Generator Systems for Industrial Waste Heat Recovery, U.S.Department of Energy Industrial Technologies Program, Pacific Northwest National Laboratory, 2006
8. Hun SH, Seo Y, Tae HJ, Young-J, Lee D, Kil SJ, Dong H. Heat sink design for a thermoelectric cooling system, 2008 11th Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, May 2008.

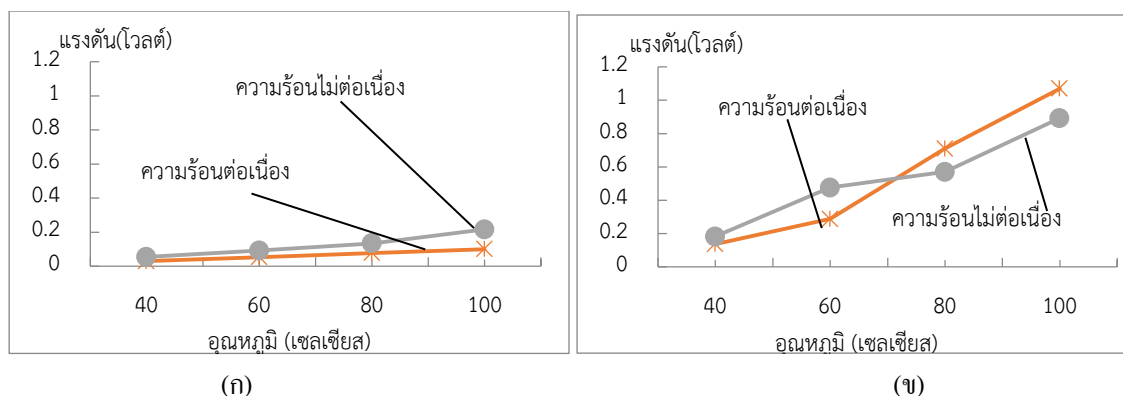
9. Siyi Z, Sammakia BG, White B, Borgesen P. A multiscale modeling of Thermoelectric Generators for conversion efficiency optimization, 13th Inter Society Conference on Thermal and Thermo-mechanical Phenomena in Electronic Systems, May 2012.
10. Bouknadel A, Rah I, Omari H. Comparative study of fin geometries for heat sinks in natural convection, 2014 International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC), Oct. 2014.
11. Ekpu M, Bhatti R, Ekere N, Mallik S, Amalu E, Otiaba K. Investigation of effects of heat sinks on thermal performance of microelectronic package, 3rd IEEE International Conference on Adaptive Science and Technology (ICAST 2011), Nov. 2011.
12. Retnasamy V, Sauli Z, Vairavan R, Taniselass S, Mamat H. high power LED heat dissipation simulation analysis heat sink fin variation, 2014 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics. Aug. 2014.
13. Aryuyrun N, Chindaraksa S, Maneewan S. Investigation of Effect of Air Flow Direction by Thermoelectric Cooling Physics Department, Faculty of Science, Naresuan University. 2005. Thai.
14. Haidar JG, Ghajel JI. Optimization of the thermal regime of thermoelectric generators in waste heat recovery applications, Twenty-First International Conference on Thermoelectrics, 2002. Proceedings ICT '02, 2002.
15. Yan Y, Malen JA. Periodic heating amplifies the efficiency of thermoelectric energy conversion, Energy Environ. Sci., vol. 6, no. 4, p. 1267, 2013.



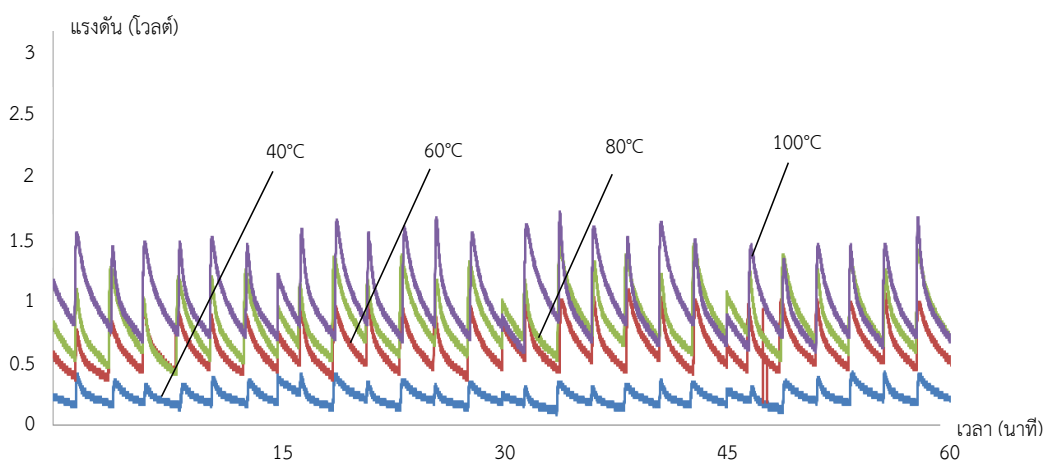
ภาพที่ 1 กราฟแรงแดันไฟฟ้าเฉลี่ยจากการจ่ายความร้อนที่อุณหภูมิและคาบเวลาแตกต่างกัน แก่เทอร์โมอิเล็กทริกที่ไม่มีอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน



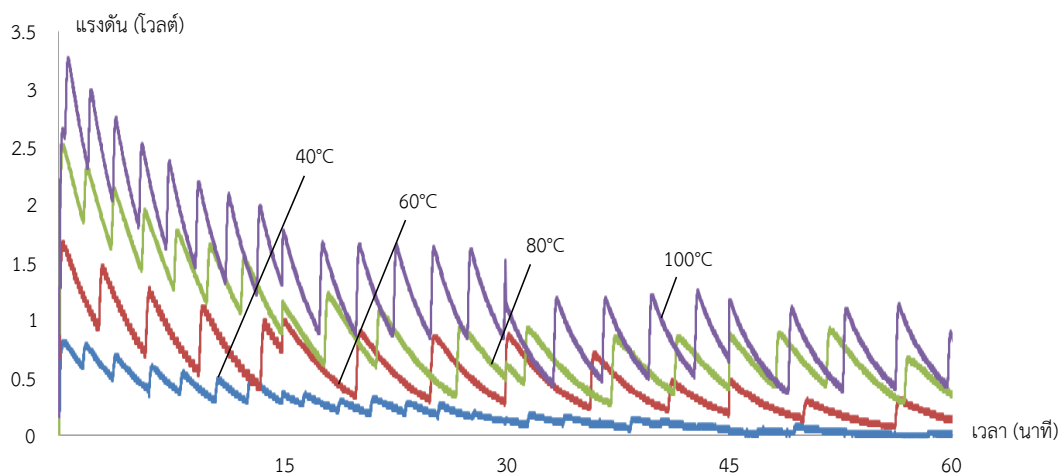
ภาพที่ 2 กราฟแรงแดันไฟฟ้าเฉลี่ยจากการจ่ายความร้อนที่อุณหภูมิและคาบเวลาแตกต่างกัน แก่เทอร์โมอิเล็กทริกที่มีอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน



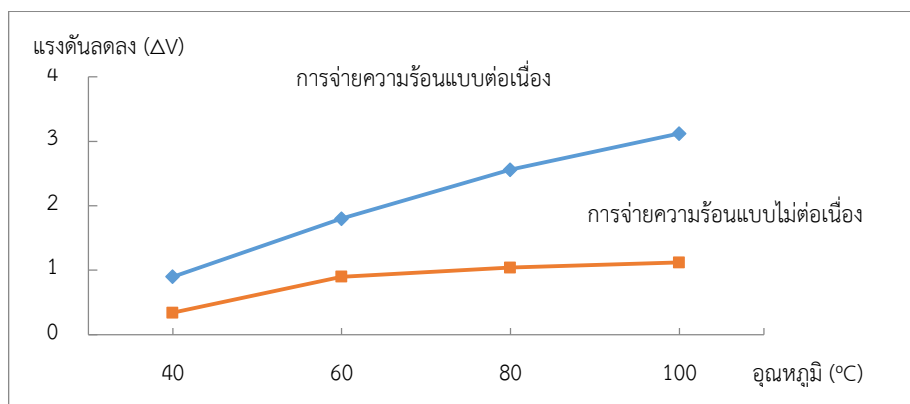
ภาพที่ 3 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยจากการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องแก่เทอร์โมอิเล็กทริก (ก) ไม่มีอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน (ข) มีแผ่นครีระบายความร้อน



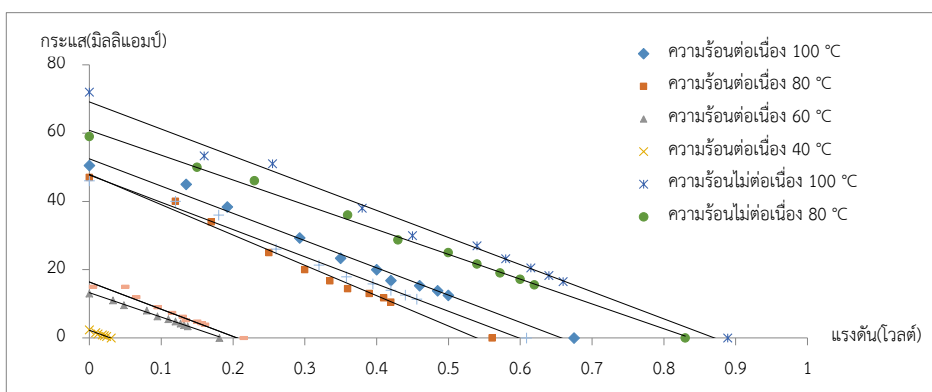
ภาพที่ 4 แรงดันไฟฟ้าจากการจ่ายความร้อนแบบไม่ต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 40 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส



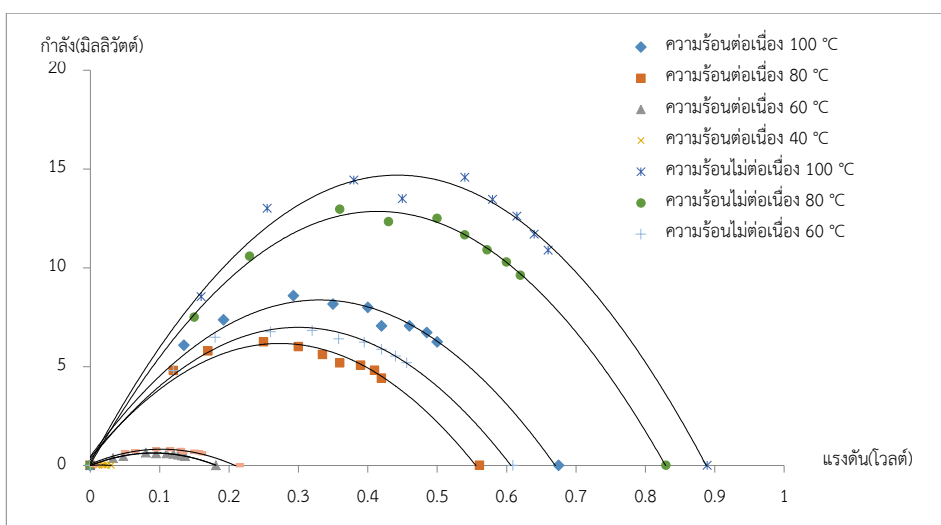
ภาพที่ 5 กราฟแรงดันไฟฟ้าจากการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 40 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 6 กราฟแรงดันไฟฟ้าที่ลดลง ระหว่างการจ่ายความร้อนแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบกระแส แรงดัน สำหรับเทอร์โมอิเล็กทริก ระหว่างการจ่ายความร้อนต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 40 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันแตกต่างกัน ระหว่างการจ่ายความร้อนต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่องที่อุณหภูมิแตกต่างกัน