

ผลกระทบทิศทางการไหลของอากาศต่อความสามารถในการทำความร้อน ของปั๊มความร้อนเทอร์โมอิเล็กทริก

Effect of Air Flow Direction of Thermoelectric Heat pump on Heating Capacity

สมชาย มณีวรรณ* นิตยา आयูยีน และศิรินุช จินดารักษ์
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทร 0-5526-1024 โทรสาร 0-5526-1025

Somchai Maneewan* Nittaya Aryuyuan and Sirinuch Chindaraksa
Physics Department, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand
Tel: 0-5526-1024 Fax: 0-5526-1025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอผลกระทบของทิศทางการไหลของอากาศที่ด้านร้อนและด้านเย็นของอุปกรณ์ระบายความร้อนต่ออุณหภูมิด้านร้อนด้านเย็นและความสามารถในการทำความร้อนของปั๊มความร้อนเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการออกแบบและสร้างปั๊มความร้อนขนาดเล็ก $15 \times 15 \times 20$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในการทำ ความร้อนจำนวน 1 โมดูล รุ่น TEC1-12708 ขนาด $4.0 \times 4.0 \times 0.4$ ลูกบาศก์เซนติเมตร การศึกษาทำการปรับเปลี่ยนทิศทางการไหลของอากาศที่ด้านร้อนและด้านเย็นของปั๊มความร้อนออกเป็น 4 กรณี และปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกที่ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของกำลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อทดสอบหาทิศทางการไหลของอากาศและกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการทำความร้อน

ผลการศึกษาจากการปรับเปลี่ยนทิศทางการไหลของอากาศที่ด้านร้อนและด้านเย็นของปั๊มความร้อนพบว่า การติดตั้งพัดลมด้านร้อนแบบเป่าอากาศออกและดูดอากาศเข้าทางด้านเย็น (กรณีที่ 3) ทำความร้อนได้สูงสุด 111.14 วัตต์ โดยสามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในตู้จาก 32 องศาเซลเซียส เป็น 115.3 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 60 นาที ภายใต้อุณหภูมิอากาศแวดล้อมในช่วง 33 - 36 องศาเซลเซียส

จากผลการวิเคราะห์สมรรถนะในการทำความร้อนของปั๊มความร้อนพบว่า การติดตั้งพัดลมด้านร้อนแบบเป่าอากาศออกและดูดอากาศเข้าทางด้านเย็น (กรณีที่ 3) สามารถทำความร้อนได้ 50.13 วัตต์ โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ของกำลังไฟฟ้าสูงสุด มีความเหมาะสมสำหรับระบบปั๊มความร้อน เนื่องจากมีสมรรถนะการทำความร้อนสูงสุดประมาณ 3.09

คำสำคัญ: ปั๊มความร้อน / เทอร์โมอิเล็กทริก / สมรรถนะการทำความร้อน

Abstract

This paper presents a study of the air flow direction at cold and hot sides on the temperature and heating capacity of

thermoelectric heat pump (TEHP). The heat pump designed and constructed was $15 \times 15 \times 20$ cm³ using 1 TE module, model TEC1-12708. The study consists of four different cases for adjusting the direction of hot and cold air circulation and varying the power supply of TE module.

For the changes in the directions of air circulation to hot side and cold side of TEHP, a fan installation air suction of the cold side and air blow of the hot side (case 3) were found and can generate maximum heat about 111.14 Watt at 60 minutes. The corresponding increment cabinet temperature varied between 33 and 36 °C.

The performance analysis of the heating pump found in a fan installation of air blow of the hot side and air vacuum of the cold side showed that case 3 could produce heat to 50.13 Watt. The direct current electric power supply with the regular distribution TE 50 % of maximum electric power has an optimum for heat pump on account of performance producing a maximum heat at approximately 3.09

Keyword: Heating Pump / Thermoelectric / Heating Capacity

1. บทนำ

ในหลาย ๆ ประเทศมีแผนงานที่ชัดเจนเกี่ยวกับการส่งเสริมการใช้ปั๊มความร้อน เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการใช้ปั๊มความร้อนสูงถึง 38 % ของความต้องการใช้เครื่องทำน้ำร้อน โดยในปี 1988 ได้มีการขายอุปกรณ์ปั๊มความร้อนในตลาดเป็นครั้งแรก [1] และในประเทศเนเธอร์แลนด์ได้เคยจัดสรรงบประมาณสูงถึง 750 ล้าน NGL (400 ล้าน USD) เพื่อโครงการเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน โดยในปี 1997 ที่ผ่านมามีกว่า 50 โครงการที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปั๊มความร้อน โดยการพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีต้องพิจารณาเกี่ยวกับประสิทธิภาพ การใช้งานร่วมกับระบบอื่นๆ และผลประโยชน์สูงสุดที่ได้รับ รวมถึงผลกระทบในด้านสิ่งแวดล้อมด้วย [2] การใช้สารทำงานในปั๊มความร้อนที่ใช้กัน

* Corresponding author. chaimane@hotmail.com

อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น สาร CFCs ประเภท Fully halogenated (R-11, R-12, R-115) ซึ่งเป็นสารที่สามารถทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ และสารทำความเย็นประเภท Nonfully halogenated เช่น R-22 จะมีความสามารถในการทำลายโอโซนได้ประมาณ 5% ของ R-12 [3] ซึ่งมีผลทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ขึ้น ผลที่ตามมาคือ อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น จากสาเหตุเหล่านี้เอง จึงมีการนำเสนอเทคโนโลยีปั๊มความร้อนใหม่ที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลเป็นตัวทำความร้อนเพื่อลดปริมาณการใช้สารทำงานในปั๊มความร้อน การนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมาใช้ในปั๊มความร้อนเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการป้องกันการทำลายสภาพสิ่งแวดล้อมจากสารทำงานในระบบปั๊มความร้อน

เทอร์โมอิเล็กทริก หรือ Peltier เป็นอุปกรณ์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ ใช้หลักการการทำงานของปั๊มความร้อน เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้สารกึ่งตัวนำแบบพี - เอ็น กระแสที่ไหลผ่านวัสดุที่ทำจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน ส่งผลให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า และทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิขึ้นระหว่างขั้วทั้งสอง คือทางด้านหนึ่งของตัวเทอร์โมอิเล็กทริกจะร้อนและอีกด้านหนึ่งจะเย็น ชิ้นส่วน Peltier เป็นส่วนประกอบที่สมบูรณ์ของตัวทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกและปั๊มความร้อนและมีความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิด้วยการนำหรือการพาความร้อนมีความถูกต้องดีกว่าเดิมถึง 0.05 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิที่มากกว่าหรือต่ำกว่าอุณหภูมิรอบ ๆ [4] และถ้าออกแบบให้ดีจะสามารถใช้อุปกรณ์ชุดเดียวกันนี้ในการทำความร้อนและทำความเย็นได้ตามแต่ฤดูกาล เป็นผลทำให้คุ้มค่าและประหยัดในด้านการลงทุนมากขึ้น

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้ในการทำความเย็นและทำความร้อนกันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ทางการแพทย์ การทหาร วิทยาศาสตร์ และในอุตสาหกรรม [5] ใช้ในการทำทำความเย็นให้กับที่อยู่อาศัย [1,6] ใช้ร่วมกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กับปั๊มความร้อนในระบบอบแห้ง ระบบการดึงความร้อนใต้ดิน [7-9] เป็นต้น การใช้เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลควรเลือกนำไปใช้ให้ถูกต้อง ต้องคำนึงถึงระบบที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็น ระบบการทำความร้อน การทำความเย็น คำนึงถึงการออกแบบ อุปกรณ์และการติดตั้ง พัฒลระบายนความร้อน เพื่อหาทิศทางไหลของอากาศที่ไหลผ่านครีบบระบายความร้อนทั้งทางด้านร้อนและด้านเย็นของชุดเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสม รวมไปถึงกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ตัวแปรเหล่านี้จะมีผลต่อสมรรถนะการทำงานของระบบ และการบำรุงรักษา รวมไปถึงค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน โดยระบบต่างๆ เหล่านี้ ต้องกระทำและพิจารณาควบคู่กันไป

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอผลการศึกษามูลค่าของทิศทางไหลของอากาศที่ด้านร้อนและด้านเย็นของอุปกรณ์ระบายนความร้อนต่ออุณหภูมิด้านร้อน ด้านเย็น และความสามารถในการทำความร้อนของปั๊มความร้อน เพื่อหาทิศทางไหลของอากาศและกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับป้อนให้ชุดเทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อเป็นประโยชน์ในการออกแบบติดตั้งพัฒนาในระบบระบายนความร้อนต่อไป

2. การออกแบบระบบทำความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

ระบบทำความร้อนประกอบไปด้วยตู้ร้อนขนาดเล็กความจุ 4,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจำนวน 1 โมดูล รุ่น Tianjin Lantian model TEC1 - 12708 ขนาด 4.0 ซม.× 4.0 ซม.× 0.4 ซม. ในการทำความร้อน ตู้มีขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร และสูง 20 เซนติเมตร ใช้ครีบลูมิเนียมในระบบระบายนความร้อนทางด้านร้อน (Model LR110964) และติดตั้งพัฒลระบายนความร้อนที่ครีบลูมิเนียม ทางด้านเย็น ใช้ครีบบทองแดงในระบบระบายนความร้อน (Model TCT DC 7060) และติดตั้งพัฒลระบายนความร้อน ผังตู้ร้อนทำจากสแตนเลสหุ้มฉนวนใยสังเคราะห์ (Aero flex) หนา 2.54 เซนติเมตร

ในการสร้างระบบ ได้ทำการเจาะผนังตู้ร้อนด้านบน กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 4.7 เซนติเมตร เพื่อติดตั้งชุดระบายนความร้อน และใช้ซิลิโคนเป็นตัวประสานระหว่างพื้นที่หน้าตัดของเทอร์โมอิเล็กทริกกับชุดระบายนความร้อน (ดังรูปที่ 2)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบทำความร้อน

| อุปกรณ์ | รายละเอียด | | | |
|-------------------|------------------------|-----------------|-------------------|--|
| | กำลังไฟฟ้า (Volt, Amp) | ขนาด ก×ย×ส (cm) | ความเร็วรอบ (RPM) | ค่าการนำความร้อน (W/m ² .K) |
| เทอร์โมอิเล็กทริก | 13.5, 4.4 | 4.0×4.0×0.4 | - | - |
| พัฒลมด้านร้อน | 12.0, 0.35 | 7.0×7.0×2.5 | 7,000 | - |
| พัฒลมด้านเย็น | 12.0, 0.25 | 5.0×5.0×1.1 | 4,000 | - |
| สแตนเลส | - | - | - | 15.1 |
| ฉนวนความร้อน | - | - | - | 0.024 |

2.1 ความสามารถในการทำความร้อน

การถ่ายเทความร้อน เป็นการดึงความร้อนจากแหล่งความร้อน (Heat source) ในที่นี้คือเทอร์โมอิเล็กทริก แล้วนำไปถ่ายเทในบริเวณที่ต้องการความร้อน (Heat sink) การบอกระดับของความร้อนก็คืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง เพราะฉะนั้นความสามารถในการทำความร้อน คือ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนที่ด้านร้อน (Q_h) ให้สะสมในอุณหภูมิหนึ่งองศาเซลเซียส คำนวณได้จากสมการ

$$Q_h = 2N [\alpha \times I \times T_h - (I^2 \times R)] / 2 - K \times G \times (T_h - T_c) \quad (1)$$

หรือ
$$Q_h = P_{in} + Q_c \quad (2)$$

กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก (วัตต์) คำนวณจากสมการ

$$P_{in} = P_{FC} + P_{FH} + P_{TE} \quad (3)$$

ค่าการถ่ายเทความร้อนที่ด้านเย็น (วัตต์) คำนวณจากสมการ

$$Q_c = 2N [\alpha \times I \times T_c - (I^2 \times R) / 2 - K \times G \times (T_h - T_c)] \quad (4)$$

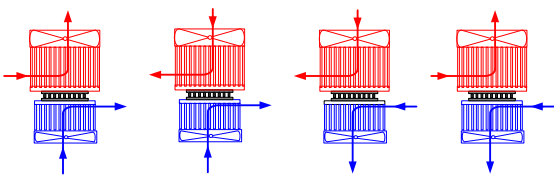
2.2 สมรรถนะของระบบ

สมรรถนะการทำความร้อน (COP_h, Coefficient of Performance) จะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิผิวด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงสมรรถนะหรือประสิทธิภาพของระบบการทำความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล สามารถคำนวณได้จากสมการ

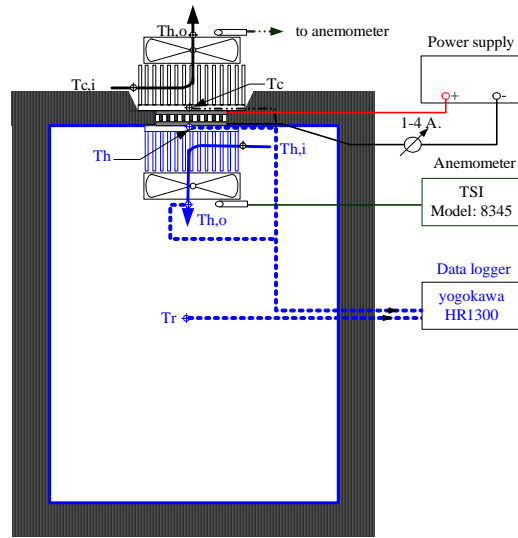
$$COP_h = \frac{Q_h}{P_{in}} \quad (5)$$

3. วิธีการทดลอง

การทดลองได้ทำการปรับเปลี่ยนทิศทางการไหลของอากาศที่ด้านร้อนและด้านเย็นของบีมความร้อนออกเป็น 4 กรณี (ดังรูปที่ 1) และทำการปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกที่ 25, 50, 75 และ 100 เวย์ร์เซ็นต์ของกำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิในระบบทั้งหมด 8 ตำแหน่ง (ดังรูปที่ 2) โดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด เค หลังจากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาความสามารถในการทำความร้อน สมรรถนะของระบบ และวิเคราะห์หาทิศทางการไหลของอากาศ รวมถึง กำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการทำความร้อน



รูปที่ 1 ทิศทางการไหลของอากาศที่ด้านร้อนและด้านเย็น

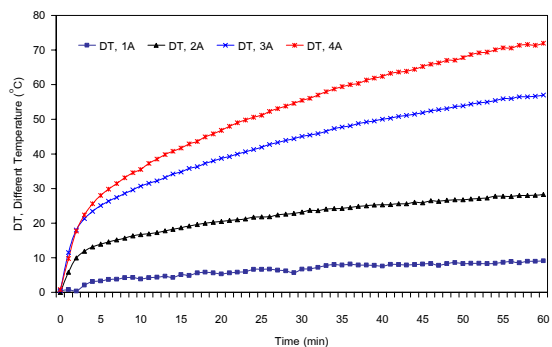


รูปที่ 2 ตำแหน่งการวัดและการติดตั้งเครื่องมือ

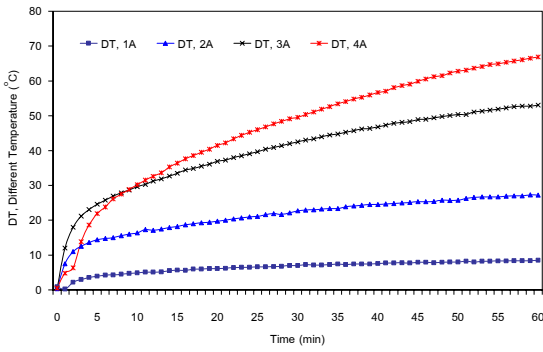
4. ผลการทดลอง

4.1 ผลกระทบของการปรับเปลี่ยนทิศทางการไหลของอากาศและกระแสไฟฟ้า

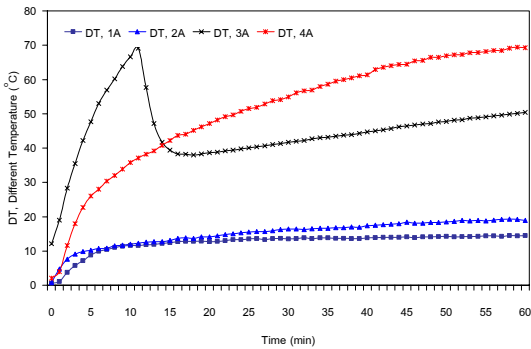
การทดลองโดยการปรับเปลี่ยนทิศทางการไหลของอากาศทั้ง 4 กรณี (ดังรูปที่ 3 ก-ง) ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ($DT = T_h - T_c$, Different temperature) ขึ้น ซึ่งมีค่าแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับชุดเทอร์โมอิเล็กทริก ค่า DT มากที่สุดประมาณ 72 องศาเซลเซียส ในทิศทางการไหลกรณี 1 ที่กระแสไฟฟ้า 4 แอมแปร์ และมีแนวโน้มจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ (รูปที่ 3-ก)



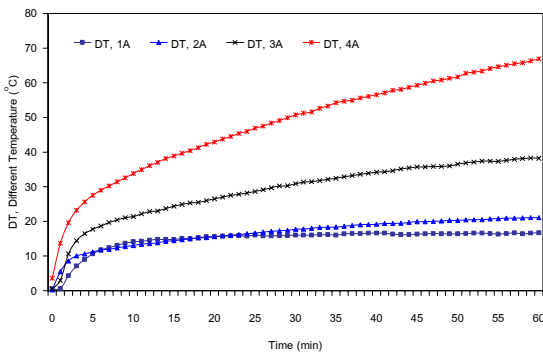
(ก) กรณี 1



(ข) กรณี 2



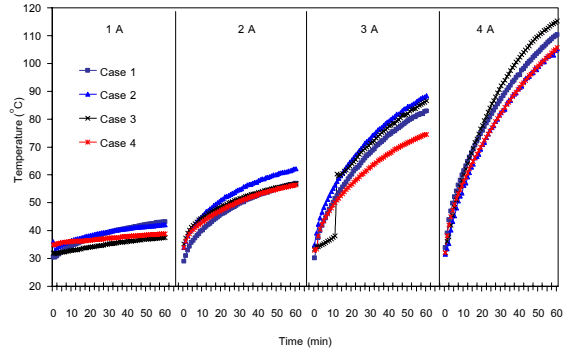
(ค) กรณี 3



(ง) กรณี 4

รูปที่ 3 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านร้อน
ด้านเย็น และกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

เมื่อพิจารณาทิศทางการไหลของอากาศที่ผ่านครีบบระบายความร้อนและ
กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับชุดเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล พบว่าทิศทางการ
ไหลกรณีนี้ 3 คือ เป่าอากาศออกจากด้านร้อนและดูดอากาศเข้า
ทางด้านเย็น สามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในได้สูงสุดโดยสามารถเพิ่ม
อุณหภูมิจาก 32 องศาเซลเซียส เป็น 115.3 องศาเซลเซียส ได้ในเวลา
60 นาที ภายใต้อุณหภูมิอากาศแวดล้อมในช่วง 33 - 36 องศาเซลเซียส
กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 4 แอมแปร์ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้ ทิศทางการไหลของอากาศและ
กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

4.2 ความสามารถในการทำความร้อน

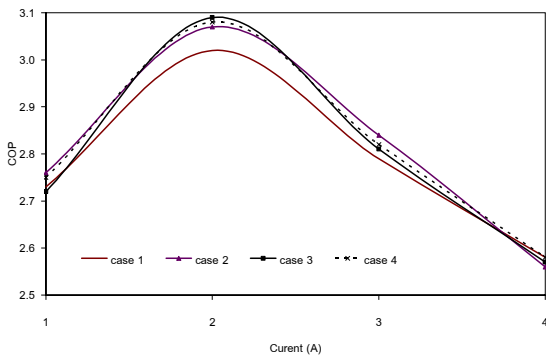
ความสามารถในการทำความร้อนสูงไม่ได้หมายความว่าระบบจะมี
สมรรถนะการทำความร้อนสูงตาม พิจารณาทิศทางการไหลกรณี 4
กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับชุดเทอร์โมอิเล็กทริก 4 แอมแปร์ (ดังตารางที่
2) พบว่ามีความสามารถในการทำความร้อนสูงสุดประมาณ 111.26
วัตต์ แต่ให้ค่าสมรรถนะการทำความร้อนของระบบสูงสุดประมาณ
2.58 (รูปที่ 5)

ตารางที่ 2 ความสามารถในการทำความร้อน

| กระแสไฟฟ้าที่ ป้อนให้เทอร์โม อิเล็กทริก | กรณีที่ 1 | กรณีที่ 2 | กรณีที่ 3 | กรณีที่ 4 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 26.17 | 26.51 | 26.07 | 26.45 |
| 2 | 48.86 | 49.68 | 50.13 | 49.92 |
| 3 | 49.41 | 78.44 | 77.47 | 77.75 |
| 4 | 68.15 | 110.68 | 111.14 | 111.26 |

4.3 สมรรถนะของระบบ TEHP

จากผลการคำนวณหาสมรรถนะการทำความร้อนของระบบ (ดัง
สมการที่ 5) พบว่าในทิศทางการไหลกรณีนี้ 3 ป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับ
เทอร์โมอิเล็กทริกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ของกำลังไฟฟ้าสูงสุด สามารถทำ
ความร้อนได้ประมาณ 50.13 วัตต์ เหมาะสมสำหรับระบบบีบความร้อน
เนื่องจากมีสมรรถนะการทำความร้อนสูงสุดประมาณ 3.09 (ดังรูปที่ 5)



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับชุดเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลและสมรรถนะของระบบปั๊มความร้อน

5. สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาด้านเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน เห็นได้ชัดความเป็นไปไม่ได้ที่จะไม่พูดถึงปั๊มความร้อน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานและสิ่งแวดล้อม ในหลาย ๆ ประเทศได้บรรจุโครงการเกี่ยวกับปั๊มความร้อนไว้ในแผนงานของรัฐบาลเกี่ยวกับแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งของการพัฒนาพลังงานแบบยั่งยืน ลักษณะที่สำคัญของปั๊มความร้อนเทอร์โมอิเล็กทริกคือ ไม่มีเสียงดังขณะทำงาน มีขนาดเล็ก และควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย และผลที่ได้ทางสิ่งแวดล้อมคือ ช่วยลดปริมาณการใช้สารทำงานที่ใช้ในระบบปั๊มความร้อน เช่น R-22, R-22 และปริมาณ CO₂ ที่ลดลงจากการทำความร้อนด้วยวิธีการเผาไหม้ในอุปกรณ์ทำความร้อนแบบเดิมที่ใช้ เช่น เตาเผา และหม้อไอน้ำ

ระบบปั๊มความร้อนเทอร์โมอิเล็กทริกจึงเป็นระบบทำความร้อนขนาดเล็กที่น่าสนใจ ในการนำไปใช้กับแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน โดยการเลือกใช้ต้องพิจารณาเกี่ยวกับสมรรถนะหรือประสิทธิภาพของระบบ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการออกแบบระบบปั๊มความร้อน เช่น ทิศทางการไหลของอากาศจากตำแหน่งการติดตั้งพัดลมผ่านครีบริบายความร้อนทางด้านร้อนและด้านเย็นของชุดเทอร์โมอิเล็กทริก และกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล เป็นต้น ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะมีผลต่อสมรรถนะของปั๊มความร้อนค่อนข้างสูง

จากผลการทดลองพบว่า ทิศทางการไหลของอากาศที่ผ่านครีบริบายความร้อนกรณีที่ 3 คือเป่าอากาศออกทางครีบริบายด้านร้อนและดูดอากาศเข้าทางครีบริบายด้านเย็น โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกสูงสุด เป็นกรณีที่สามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้ร้อนได้สูงสุดประมาณ 115.3 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิเริ่มต้น 32 องศาเซลเซียส ความสามารถในการทำความร้อนสูงสุดประมาณ 111.14 วัตต์

แต่เมื่อพิจารณาสมรรถนะของระบบปั๊มความร้อน พบว่าทิศทางการไหลของอากาศกรณีที่ 3 สามารถทำความร้อนได้ประมาณ 50.13 วัตต์ โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกที่ 50 เปรอร์เซ็นต์ของกำลังไฟฟ้าสูงสุด มีความเหมาะสมสำหรับระบบปั๊มความร้อนเนื่องจากมีสมรรถนะการทำความร้อนสูงสุดประมาณ 3.09

รายการสัญลักษณ์

| | |
|----------|--|
| Q_h | ค่าการถ่ายเทความร้อนที่ด้านร้อน (W) |
| P_{in} | กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล (W) |
| Q_c | ค่าการถ่ายเทความร้อนที่ด้านเย็น (W) |
| N | จำนวนของเทอร์โมอิเล็กทริกอีลีเมนต์ต่อโมดูล |
| α | สัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค (V/K) |
| I | กระแสไฟฟ้า (A) |
| R | ความต้านทานไฟฟ้า (Ω -cm) |
| K | สภาพการนำความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกอีลีเมนต์ (W/cm-K) |
| G | พื้นที่หน้าตัดต่อความยาวของ พี-เอ็น ของเทอร์โมอิเล็กทริก |
| P_{FC} | กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับพัดลมทางด้านเย็น (W) |
| P_{FH} | กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับพัดลมทางด้านร้อน (W) |
| P_{TE} | กำลังไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริก (W) |
| T_h | อุณหภูมิผิวด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ($^{\circ}$ C) |
| T_c | อุณหภูมิผิวด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ($^{\circ}$ C) |
| COP | สมรรถนะการทำความร้อน |

เอกสารอ้างอิง

1. http://www.eeit.or.th/articles/heatpump/heatpump_01.htm
2. http://www.eeit.or.th/articles/heatpump_environment/hp_env_03.htm
3. เจิม ตรงนิตย์ วิศวกรโครงการมูลนิธิสถาบันประสิทธิภาพพลังงาน (ประเทศไทย) ข้อมูลจาก www.achrnews.com, www.york.com, www.hawco.co.u, www.marketdevelop.co
4. <http://www.viboon.com/oth/oth35.htm>
5. http://www.eeit.or.th/articles/HP_International/HP_Newyork.htm
6. Simon, R.E., and Chu, R.C., " Application of Thermoelectric Cooling to Electronic Equipment: A Review and Analysis," Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium, Sixteenth Annual IEEE, , pp. 1-8
7. S.B. Riffat, and Guoquan Qiu, 2003, "Comparative investigation of thermoelectric air- conditioners versus vapour compression and absorption air- conditioners," Institute of Sustainable Energy and Technology, School of the Built Environment The University of Nottingham, University Park, Nottingham NGL 2 RD, UK.
8. S.B. Riffat, and Xiaoli Ma, 2002, "Thermoelectrics: a review of present and potential applications," Institute of Building Technology School of the Built Environment, The University of Nottingham, University Park, Nottingham NG7 2RD, UK.

9. Wu, C., and Schulden, W., " Specific Heating Load of Thermoelectric Heat Pumps," Energy Conversion Management, Vol. 35, No.6, 1993, PP.459-464.
10. Faye C.McQuiston and Jerald D.Parker.Heating, 1994, "Ventilating, and air conditioning: analysis and design," Oklahoma Christian University of Science and Arts, pp.46-47.
11. Tada, S., 1996, "A New Concept of Porous Thermoelectric Module Using a Reciprocating Flow for Cooling/Heating System," International Conference on Thermoelectric, pp.264-268.
12. Paul G. Lau and Richard J. Buist,1997, "Calculation of Thermoelectric Power Generation Performance Using Finite Element Analysis," TE Technology, Inc., 1590 Keane Drive, Traverse City, MI 49686.