

ผลของความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่มีต่อ
สมรรถนะการระบายความร้อนของซีพียูคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ
Effects of Evaporator Length of Closed-End Oscillating Heat
Pipe on Central Processing Unit Cooling Performance of
Desktop Computer

อนุรัตน์ เทวตา¹ สุกัญญา ทองโยธี² ยุธนา ศรีอุดม^{3*} และ สัจคม สัพโส⁴

^{1,2,4}สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

^{3*}สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น

E-mail: ¹atewata@gmail.com, ²sukanya.th@rmuti.ac.th, ^{3*}yuttana.sriudom@gmail.com,

⁴S.sappaso@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบ เปรียบเทียบผลของความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่มีต่อสมรรถนะการระบายความร้อนของอุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยท่อความร้อนทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.16 มิลลิเมตร ความยาวรวม 4 เมตร นำมาขดให้มีความยาวส่วนทำระเหยเท่ากับความยาวส่วนควบแน่น โดยแบ่งเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 40 70 และ 100 มิลลิเมตร ภายในบรรจุสารทำงาน 3 ชนิด ได้แก่ เมทานอล เอทานอล และอะซีโตน อัตราส่วนการเติมสารทำงานเป็น 25% ของปริมาตรทั้งหมด ซึ่งท่อความร้อนจะถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์เสริมในการระบายความร้อนออกจากคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ จากการทดสอบ พบว่า ที่ความยาวของส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด ขนาด 100 มิลลิเมตร และใช้เอทานอลเป็นสารทำงานมีสมรรถนะในการระบายความร้อนออกจากซีพียูและการ์ดแสดงผล ภายในคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะได้สูงสุด โดยสามารถลดอุณหภูมิของซีพียูและการ์ดแสดงผลลงได้ 3.47 °C และ 5.23 °C ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรณีไม่ติดตั้งท่อความร้อน ในขณะที่อากาศที่ไหลผ่าน

* Corresponding author, e-mail: yuttana.sriudom@gmail.com

อุปกรณ์เสริมระบายความร้อนมีอัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย 2.89 W และ ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.194

คำสำคัญ: ท่อความร้อนแบบสั้น เมทานอล อะซิโตน เอทานอล

Abstract

This research aimed to test and compare the effect of evaporator length of closed end oscillating heat pipe (CEOHP) on cooling performance for cooling devices in desktop computer. Three sizes of CEOHP with the evaporator length of 40, 70 and 100 mm were used as auxiliary device for cooling the devices in desktop computer. The condenser length of each size was equal to the evaporator length. Each CEOHP was made from 2.16 mm inner diameter copper tube with overall length of 4 m. Methanol, Ethanol and Acetone were used as working fluids with a filling ratio of 25% of total volume. From the result, it was found that when the evaporator length was 100 mm with the ethanol as working fluid the CEOHP performed the highest cooling performance on devices in desktop computer. It could reduce the temperatures of CPU and display card in desktop computer for 3.47 °C and 5.23 °C respectively. The average heat transfer rate that measured from the air pass through the cooling device was 2.89 W. The average effectiveness of heat exchanger for this condition was 0.194

Keywords: Oscillating Heat Pipe, Methanol, Acetone, Ethanol

1. ที่มาและความสำคัญ

สำหรับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์นั้นหัวใจสำคัญก็คือหน่วยประมวลผลกลางหรือเรียกว่า CPU เป็นสิ่งที่สำคัญและมักจะมีอุณหภูมิสูงในระหว่างการทำงาน ซึ่งอุณหภูมินั้นขึ้นอยู่กับการทำงาน สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกันรวมถึงโปรแกรมที่มีการประมวลผลสูง ก็ส่งผลทำให้ความร้อนสูงขึ้นด้วย อุณหภูมิที่เรายอมรับได้ทั่วไปไม่เกิน 95 °C และส่วนมากจะอยู่ที่ 70 – 90 °C ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรุ่นของซีพียูที่ใช้ [1] ตัวอย่างเช่น

AMD Athlon64 = 65 – 70 °C

AMD Sempron = 90 – 95 °C

Intel Pentium III = 60 – 85 °C

Intel Celeron = 65 – 75 °C

ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลโดยเฉลี่ยเท่านั้น อาจต้องใช้โปรแกรมในการตรวจวัดอุณหภูมิของซีพียูเพื่อช่วยให้ทราบว่าซีพียูมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือไม่ สำหรับซีพียูที่มีความร้อนสูงเกินไปนั้นมีผลกระทบต่อระบบการทำงานโดยรวมของคอมพิวเตอร์ จากการใช้โปรแกรมหรือเกมส์ที่มีการประมวลผลที่สูง ผลที่เกิดจากซีพียูที่ร้อนเกินไป

เช่น คอมพิวเตอร์จะทำงานช้ามีอาการค้างเกิดขึ้น คอมพิวเตอร์รีสตาร์ทเองโดยไม่ทราบสาเหตุ และคอมพิวเตอร์ดับโดยไม่มีสาเหตุ

ท่อความร้อนแบบสั่น [2] สร้างจากท่อคาปิลารีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางวิกฤติ นำมาขดกลับไปกลับมา ท่อความร้อนแบบสั่นจัดเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก สามารถแบ่งโครงสร้างออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนทำระเหย (Evaporator section) ส่วนกันความร้อน (Adiabatic section) และส่วนควบแน่น (Condenser section) เมื่อปลายโค้งเล็กทางด้านหนึ่งได้รับความร้อน ก้อนของเหลวและฟองไอจะเกิดการเคลื่อนที่ตามแนวแกนด้วยการกระตุ้นการเคลื่อนที่ด้วยตัวมันเอง โดยมีสาเหตุจากการขับตัวของแรงดันฟองไอรุนแรงและรวดเร็ว เนื่องจากการเดือดแบบฟองและการระเหยของฟิล์มของเหลว และนำความร้อนไปถ่ายเทยังปลายโค้งเล็กอีกด้านหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้ฟองไอเกิดการควบแน่นและหดตัวเกิดการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา จากจุดเด่นของท่อความร้อนที่สามารถระบายความร้อนออกจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้โดยไม่ต้องพึ่งพาพลังงานจากภายนอก จึงมีนักวิจัยหลายท่านได้นำเทคโนโลยีท่อความร้อนมาประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ อาทิ เช่น ยุธนา [3] ได้ทำการศึกษาเชิงทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยการใช้น้ำในการระบายความร้อน ซึ่งจะทำการแบ่งชุดทดสอบออกเป็น 3 แบบ ประกอบไปด้วย แผงที่ 1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ระบายความร้อน แผงที่ 2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระบายความร้อนด้วยการสเปรย์น้ำ และ แผงที่ 3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำหยด โดยแบ่งอัตราการไหลของน้ำเป็น 3 อัตราการไหล ได้แก่ 50 75 และ 100 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งผลจากการทดสอบ พบว่าเมื่ออัตราการไหลของน้ำสำหรับการระบายความร้อนทั้งแบบสเปรย์น้ำและแบบน้ำหยดมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยการระบายความร้อนด้วยการสเปรย์น้ำ จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการระบายความร้อนด้วยน้ำหยด ในทั้ง 3 อัตราการไหล และการระบายความร้อนด้วยการสเปรย์น้ำ ที่อัตราการไหล 100 ลิตร/ชั่วโมง จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุด ยุธนา [4] ได้ทำการศึกษาเชิงทดสอบและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้ท่อความร้อนสำหรับการระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการทดสอบเป็นแบบโมโนคริสตัลไลน์ ขนาด 280 วัตต์ โดยผลจากการทดสอบ พบว่า เมื่อค่าความเข้มแสงมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิแผงมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งแผงทดสอบที่ติดตั้งท่อความร้อนโดยใช้ R-134a เป็นสารทำงาน จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยของแผงต่ำที่สุด และมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงที่สุด ส่วนการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนจากการทดลองทั้ง 2 กรณี พบว่า การติดตั้งท่อความร้อนเพื่อระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นยังไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยค่า IRR ของการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์กรณีติดตั้งท่อความร้อนที่ใช้สารทำงาน R-11 และ R-134a มีค่าต่ำกว่ากรณีไม่ติดตั้งท่อความร้อน 3.2 และ 3.4% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการคิดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและค่าอุปกรณ์ท่อความร้อนในงานวิจัยนี้พิจารณาจากการติดตั้งสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 1 แผง และราคาขายปลีกของอุปกรณ์เท่านั้น หากค่าใช้จ่ายดังกล่าวมีค่าลดลงก็จะทำให้ค่า IRR สูงขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำท่อความร้อน มาใช้เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับระบายความร้อนของคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ เพื่อให้การทำงานของคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลสูงขึ้น

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาเชิงทดสอบ และเปรียบเทียบผลของความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั้น ปลายปิดที่มีต่อสมรรถนะการระบายความร้อนของอุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 ค่าประสิทธิผลของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน คือ ค่าเปรียบเทียบ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของเครื่อง ณ ขณะนั้นเมื่อเทียบกับความสามารถในการถ่ายเทความร้อนที่มากที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้จะเกิดขึ้นในกรณีที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีความยาวของเครื่องมาก ๆ [5] โดยการหาค่า ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer effectiveness, \mathcal{E}) แสดงดังสมการที่ (1) – (7)

$$\mathcal{E} = \frac{Q^*}{Q^*_{\max}} \quad (1)$$

เมื่อ \mathcal{E} คือ ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน
 Q^* คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนจริง, kW
 Q^*_{\max} คือ การถ่ายเทความร้อนที่เป็นไปได้สูงสุดจากของไหลหนึ่งไปยังอีกของไหลหนึ่ง, kW
 อัตราการถ่ายเทความร้อนจริงในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนหาได้จากสมการสมดุลพลังงานบนของ ไหลร้อนหรือของไหลเย็น

$$Q^* = (m \cdot c_p)_c (T_{c,o} - T_{c,i}) = (m \cdot c_h)_h (T_{h,i} - T_{h,o}) \quad (2)$$

เมื่อ m คือ อัตราการไหลเชิงมวล, kg/s
 c_p คือ ความร้อนจำเพาะของของไหลเย็น, kJ/kg·K
 c_h คือ ความร้อนจำเพาะของของไหลร้อน, kJ/kg·K
 $T_{c,o}, T_{h,o}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยที่ทางออก, K
 $T_{c,i}, T_{h,i}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยที่ทางเข้า, K

ความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดในอุปกรณ์คือ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิตรงทางเข้าของของไหล แสดงดังสมการที่ (3)

$$\Delta T_{\max} = T_{h,i} - T_{c,i} \quad (3)$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีค่าสูงสุด เมื่อมีการไหลเป็นแบบสวนทางกัน ถ้าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของไหลที่มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ ความแตกต่างในอุณหภูมิทางเข้าของของไหลร้อนและของไหลเย็นแล้ว

$$Q^*_{\max} = (m \cdot c_p)_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i}) = C_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i}) \quad (4)$$

และ
$$\varepsilon = \frac{C_h (T_{h,i} - T_{h,o})}{C_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i})} \quad (5)$$

หรือ
$$\varepsilon = \frac{C_c (T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i})} \quad (6)$$

เมื่อ C_h คือ ผลคูณของอัตราการไหลเชิงมวลและความร้อนจำเพาะของของไหลร้อน, kW/K

C_c คือ ผลคูณของอัตราการไหลเชิงมวลและความร้อนจำเพาะของของไหลเย็น, kW/K

C_{\min} คือ ผลคูณของอัตราการไหลเชิงมวลและความร้อนจำเพาะของของไหลเย็นหรือร้อน
ที่มีค่าต่ำสุด, kW/K

ค่าอัตราการไหลเชิงมวลสำหรับของไหลร้อนและเย็นสามารถหาได้จากสมการ

$$\dot{m} = \rho Av \quad (7)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล, kg/m³

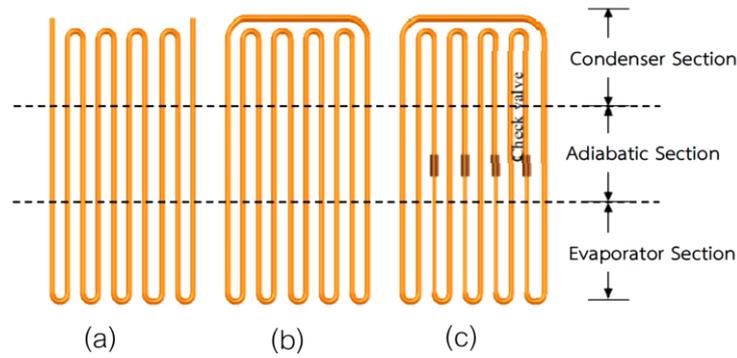
A คือ พื้นที่หน้าตัดของการไหล, m²

v คือ ความเร็วของของไหล, m/s

3.1.2 ท่อความร้อนแบบสั่น [6]

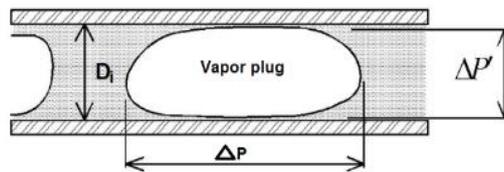
ท่อความร้อนแบบสั่นจัดเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก สามารถแบ่งโครงสร้างออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนทำระเหย (Evaporator section) ส่วนกันความร้อน (Adiabatic section) และส่วนควบแน่น (Condenser section) เมื่อเติมสารทำงานเข้าไปในท่อความร้อนแบบ

สั่น ที่มีสภาพเป็นสุญญากาศ สารทำงานภายในท่อจะจัดเรียงเป็นฟองไอและแท่งของเหลวสลับกันอยู่ภายในท่อตามแนวยาวของท่อ เมื่อปลายโค้งเลี้ยวด้านหนึ่งได้รับความร้อน ก้อนของเหลวและฟองไอจะเกิดการเคลื่อนที่ตามแนวแกนด้วยการเดือดและขยายตัวของฟองไอแล้วนำความร้อนไปถ่ายเทยังปลายโค้งเลี้ยวอีกด้านหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าทำให้ฟองไอเกิดการยุบตัวและทำงานเป็นวัฏจักรดังกล่าวต่อไป ท่อความร้อนแบบสั่นสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ ท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด (Closed end oscillating heat pipe, CEOHP) ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ (Closed loop oscillating heat pipe) และท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่มีวาล์วกั้นกลับ (Closed loop oscillating heat pipe with check valve) ลักษณะของท่อความร้อนแบบสั่นแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ประเภทของท่อความร้อนแบบสั่น (a) ท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด (b) ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบ (c) ท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่มีวาล์วกั้นกลับ [6]

การที่ท่อความร้อนแบบสั่นจะสามารถทำงานได้ดังกล่าวมาข้างต้นนั้น สารทำงานที่อยู่ภายในท่อความร้อนที่มีสภาพเป็นสุญญากาศต้องมีสภาพเป็นฟองไอและก้อนของเหลวสลับกันตลอดช่วงท่อความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยสามารถหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของท่อคาปิลลารีที่สามารถเกิดฟองไอสลับกับก้อนของเหลวตลอดความยาวของท่อได้ ดังแสดงในสมการที่ 8 [7]



รูปที่ 2 การเกิดฟองไอสลับกับก้อนของเหลวในท่อคาปิลลารี [8]

$$D_i \leq 2 \sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_l - \rho_v)}} \tag{8}$$

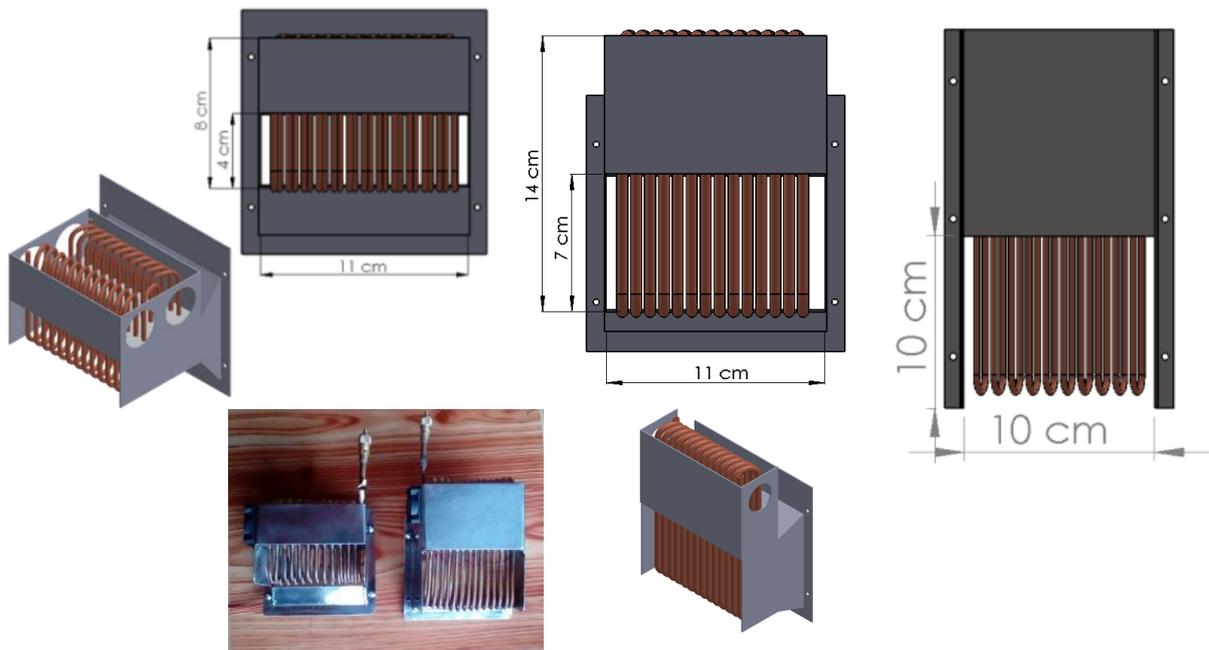
- เมื่อ D_i คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน, m
- σ คือ ความตึงผิว, N/m
- ρ_l คือ ความหนาแน่นของของเหลว, kg/m^3
- ρ_v คือ ความหนาแน่นของไอ, kg/m^3
- g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, m/s^2

3.2 การออกแบบและหลักการทำงานของชุดระบายความร้อนอุปกรณ์คอมพิวเตอรืด้วยท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด

การออกแบบท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด แสดงดัง Figure 3 ทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.16 mm มีความยาวรวม 4 m โดยท่อความร้อนดังกล่าวฯ จะถูกแบ่งส่วนทำระเหยออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาด 40 mm 70 mm และ 100 mm หรือคิดเป็น 25 ขด 14 ขด และ 10 ขด

ตามลำดับ ส่วนสารทำงานภายในท่อความร้อนได้เลือกใช้สารทำงาน 3 ชนิด ในการทดสอบครั้งนี้ ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และอะซิโตน ซึ่งมีค่าความตึงผิวและความหนาแน่นใกล้เคียงกัน โดยจากการตรวจสอบค่าเส้นผ่านศูนย์กลางวิกฤติตามสมการที่ (8) พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางวิกฤติของสารทำงานที่มีค่าต่ำสุดคือเอทานอล มีค่าเท่ากับ 3.37 mm ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.16 mm เป็นท่อความร้อนแบบสั่นได้สำหรับสารทำงานทั้ง 3 ชนิด โดยใช้อัตราส่วนการเติมสารทำงานเท่ากันคือ 50% ของส่วนทำระเหยหรือเท่ากับ 25% ของปริมาตรภายในท่อทั้งหมดสำหรับการทดสอบนี้

สำหรับการระบายความร้อนที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนจะใช้ผ้าซาฟวร์หุ้มท่อและมีช่องที่สามารถเติมน้ำในช่วงท่อส่วนควบแน่นเพื่อให้ผ้าซาฟวร์ชุ่มน้ำไว้ เมื่อมีอากาศไหลผ่านจะทำให้ น้ำในผ้าซาฟวร์เกิดการระเหยและดึงความร้อนออกจากท่อความร้อนทำให้ส่วนควบแน่นมีอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียก ซึ่งเมื่อพิจารณาสภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิสูงสุด 40 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 30% จะมีอุณหภูมิกระเปาะเปียก 25 °C ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิส่วนควบแน่นมีค่าต่ำจะส่งผลทำให้อุณหภูมิท่อส่วนทำระเหยลดลงด้วย จากนั้นอากาศที่ผ่านส่วนทำระเหยจะสูญเสียความร้อนให้กับท่อความร้อนทำให้มีอุณหภูมิลดลงก่อนจะผ่านเข้าไประบายความร้อนอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3 ชุดระบายความร้อนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ด้วยท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด

4. วัสดุ อุปกรณ์ และขั้นตอนการทดสอบ

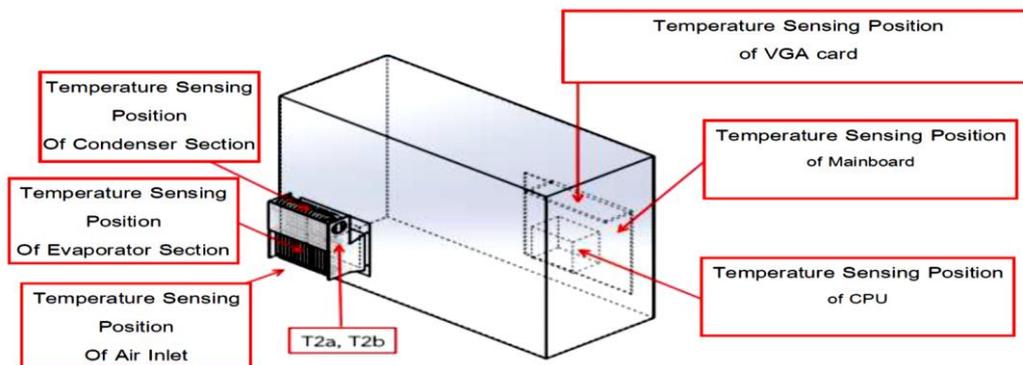
4.1 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 4.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ แบบตั้งโต๊ะ ระบบประมวลผล AMD Athlon(tm) II X2 255 Processor 3.1 GHz, Installed memory (RAM) 4.00 GB
- 4.1.2 ชุดระบายความร้อนด้วยท่อความร้อนแบบสันปลายปิด ขนาดความยาวส่วนทำระเหย 40 mm 70 mm และ 100 mm
- 4.1.3 เครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ Wisco รุ่น DL 2,200 ขนาด 8 ช่องสัญญาณ มีช่วงการวัดอุณหภูมิ - 250 °C ถึง 1,300 °C มีความแม่นยำ ± 0.1 °C
- 4.1.4 ตัวขยายสัญญาณ ยี่ห้อ Wisco รุ่น EX24 ขนาด 16 ช่องสัญญาณ มีช่วงการวัดอุณหภูมิ -250 °C ถึง 1,300 °C มีความแม่นยำ ± 0.1 °C
- 4.1.5 สายเทอร์โมคัปเปิลยี่ห้อ OMEGA ชนิด K แม่นยำ ± 1 °C
- 4.1.6 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ยี่ห้อ La Crosse Technology รุ่น EA-3010U
- 4.1.7 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศยี่ห้อ EXTECH รุ่น 445713 ช่วงการวัดอุณหภูมิ -50 ถึง 70°C มีความแม่นยำ ± 1 °C ช่วงการวัดความชื้น 20 % ถึง 99 % RH มีความแม่นยำ $\pm 5\%$ RH
- 4.1.8 พัดลมระบายอากาศยี่ห้อ Speedy แรงดัน 220 V กระแสไฟฟ้า 0.12/0.1 A

4.2 วิธีการทดสอบ

4.2.1 ติดตั้งชุดท่อความร้อนแบบสันปลายปิดเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะเพื่อใช้ในการระบายความร้อนให้กับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยใช้ผ้าขามัวร์หุ้มที่ปลายท่อในส่วนควบแน่นและเติมน้ำลงไปในห้องของท่อส่วนควบแน่น

4.2.2 ติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือตรวจวัดในชุดระบายความร้อนซีพียูคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะด้วยท่อความร้อนแบบสันปลายปิด ดังแสดงใน Figure 4 และ Figure 5 โดยติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นที่ทางเข้าและทางออกของอากาศ ติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลมที่ทางเข้าของอากาศ ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิที่ผิวท่อในส่วนทำระเหย และส่วนควบแน่น วัดและบันทึกอุณหภูมิอ่านค่าจากเครื่องวัดทุกๆ หนึ่ง ชั่วโมง



รูปที่ 4 ตำแหน่งการตรวจวัดอุณหภูมิ



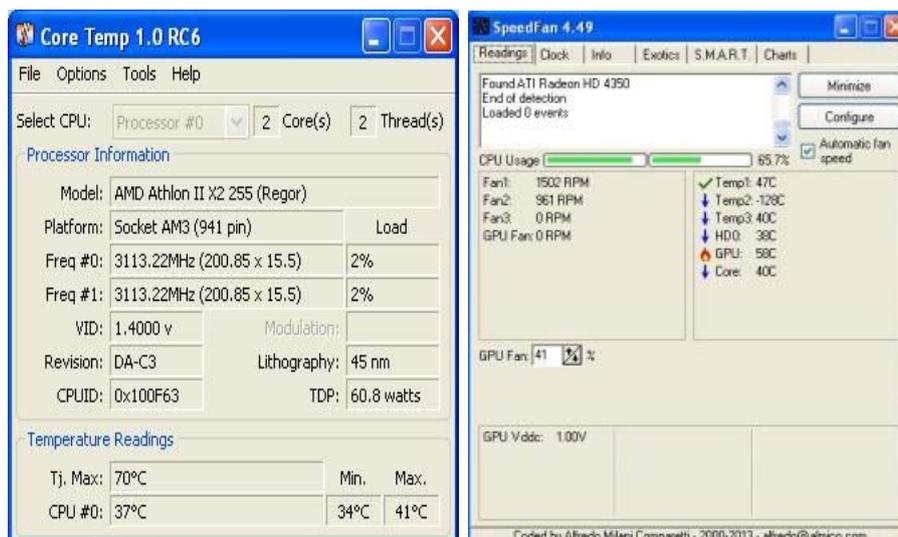
รูปที่ 5 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น

4.2.3 เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทดสอบอุปกรณ์เสริมระบายความร้อนซีพียู คอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะด้วยท่อความร้อน

4.2.4 เปิดโปรแกรมที่ใช้เป็นโหลดในการทดสอบอุปกรณ์เสริมระบายความร้อนซีพียู คอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะด้วยท่อความร้อน โดยใช้โปรแกรม Stress My PC

4.2.5 เปิดโปรแกรม SpeedFan และ Core Temp แสดงดัง Figure 6 เพื่อใช้วัดอุณหภูมิการทำงานของซีพียู เมนบอร์ด และการ์ดแสดงผล คอมพิวเตอร์แล้วอ่านค่าจากเครื่องวัดทุก ๆ หนึ่งชั่วโมงใน 1 วัน และบันทึกค่า

4.2.6 บันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม จากเครื่องมือตรวจวัดทุก ๆ หนึ่งชั่วโมง ตั้งแต่ 9.00 - 18.00 น. โดยทำการทดสอบ จำนวน 3 ชั่วโมง



รูปที่ 6 อุณหภูมิอุปกรณ์ที่แสดงในโปรแกรม SpeedFan 4.49 และ Core Temp 1.0 RC

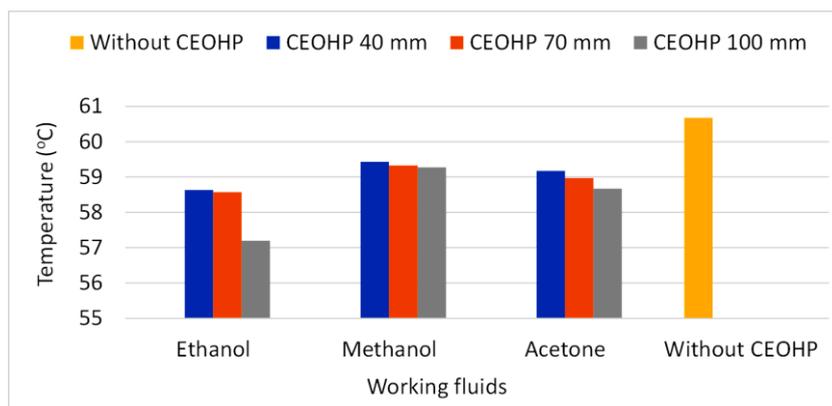
นำผลการทดลองไปวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์ระบายความร้อน ซีพียูคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะด้วยท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด ตามสมการที่ (1) – (7)

5. ผลและวิจารณ์

จากการทดลองเปรียบเทียบผลของความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดเพื่อใช้สำหรับระบายความร้อนออกจากซีพียู การ์ดแสดงผล และเมนบอร์ดของคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ พบว่า

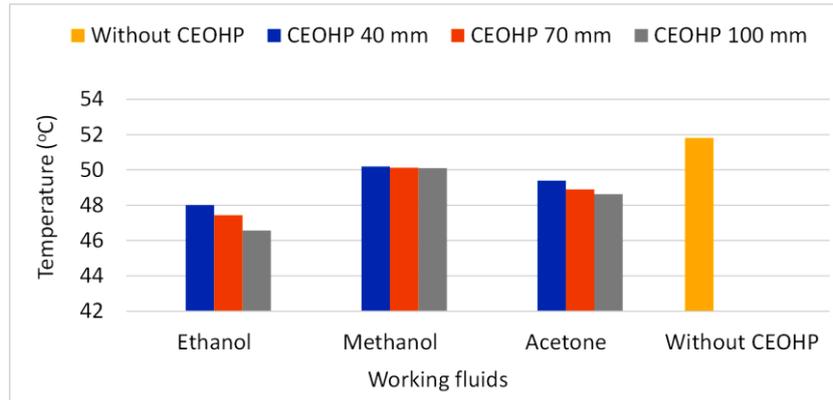
5.1 ผลของอุณหภูมิของซีพียูภายในเครื่องคอมพิวเตอร์กรณีติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด และไม่ติดตั้งท่อความร้อน แสดงดังรูปที่ 7

จากรูปที่ 7 ค่าอุณหภูมิของซีพียูกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อนฯ มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 60.67°C และกรณีติดตั้งท่อความร้อนฯ ขนาด 40 mm โดยใช้สารทำงานเอทานอล เมทานอล และอะซิโตน จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 58.63°C 59.43°C และ 59.17°C ตามลำดับ กรณีติดตั้งท่อความร้อนฯ ขนาด 70 mm โดยใช้สารทำงานเอทานอล เมทานอล และอะซิโตน จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 58.57°C 59.33°C และ 58.97°C ตามลำดับ ส่วนกรณีติดตั้งท่อความร้อนฯ ขนาด 100 mm โดยใช้สารทำงานเอทานอล เมทานอล และอะซิโตน จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 57.20°C 59.27°C และ 58.67°C ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบผลอุณหภูมิของซีพียู กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อนฯ พบว่า การติดตั้งท่อความร้อนฯ สามารถลดอุณหภูมิซีพียูลงได้ในทุก ๆ กรณี โดยอุณหภูมิซีพียูที่ลดลงได้ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 57.20°C ซึ่งลดลงจากกรณีที่ไม่ติดตั้งท่อความร้อน 3.47°C เมื่อทำการเปรียบเทียบผลของความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด พบว่า ความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด ขนาด 100 mm สามารถลดอุณหภูมิซีพียูได้มากที่สุดในทุก ๆ สารทำงาน ส่วนความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด ขนาด 40 mm สามารถลดอุณหภูมิซีพียูได้น้อยที่สุดในทุก ๆ สารทำงาน ทั้งนี้เนื่องความยาวท่อที่มากทำให้มีจำนวนรอบท่อต่ำ จึงมีช่องว่างระหว่างท่อมาก เกิดความดันสูญเสียในการไหลผ่านกลุ่มท่อต่ำ ทำให้อากาศไหลผ่านเข้าไประบายความร้อนในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้รวดเร็ว



รูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิของซีพียูกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน

5.2 ผลของอุณหภูมิการ์ดแสดงผลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์กรณีติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด และไม่ติดตั้งท่อความร้อน แสดงดังรูปที่ 8



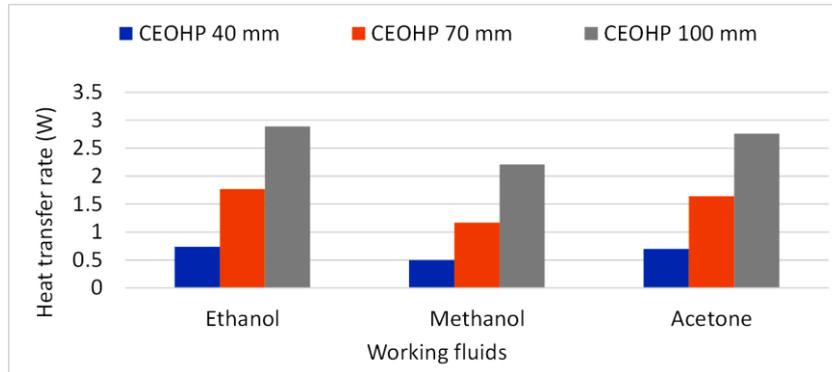
รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิของการ์ดแสดงผลกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน

จากรูปที่ 8 ค่าอุณหภูมิของการ์ดแสดงผล กรณีที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 51.8 °C และ กรณีที่ติดตั้งท่อความร้อน ขนาด 40 mm โดยใช้สารทำงานเอทานอล เมทานอล และอะซิโตน จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 48.00 °C 50.20 °C และ 49.40 °C ตามลำดับ กรณีที่ติดตั้งท่อความร้อน ขนาด 70 mm โดยใช้สารทำงานเอทานอล เมทานอล และอะซิโตน จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 47.43 °C 50.13 °C และ 48.90 °C ตามลำดับ ส่วนกรณีที่ติดตั้งท่อความร้อน ขนาด 100 mm โดยใช้สารทำงานเอทานอล เมทานอล และอะซิโตน จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 46.57 °C 50.10 °C และ 48.63 °C ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบผลอุณหภูมิของการ์ดแสดงผล กรณีที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งท่อความร้อน พบว่า การติดตั้งท่อความร้อน สามารถลดอุณหภูมิของการ์ดแสดงผลลงได้ในทุก ๆ กรณี โดยอุณหภูมิของการ์ดแสดงผลต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 46.57 °C ซึ่งลดลงจากกรณีที่ไม่ติดตั้งท่อความร้อน 5.23 °C ช่วงอุณหภูมิอากาศ 33 - 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 43 - 55 %RH เมื่อทำการเปรียบเทียบผลของความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด พบว่า ความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด ขนาด 100 mm สามารถลดอุณหภูมิของการ์ดแสดงผลได้มากที่สุด ในทุก ๆ สารทำงาน ส่วนความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด ขนาด 40 mm สามารถลดอุณหภูมิการ์ดแสดงผลได้น้อยที่สุดในทุก ๆ สารทำงาน เช่นเดียวกันกับอุณหภูมิซีพียู

5.3 ผลของอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน ๆ แสดงดังรูปที่ 9

จากรูปที่ 9 ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน ๆ เมื่อใช้สารทำงานเอทานอล เมทานอล และอะซิโตน โดยใช้การตรวจวัดอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศทางเข้าและออกของท่อความร้อน ๆ เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วนำมาวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนตามสมการที่ (2), (3) และ (7) จากการทดสอบพบว่า เมื่อเปรียบเทียบด้านสารทำงาน สารทำงานเอทานอล จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยเฉลี่ยสูงสุดในทุก ๆ ความยาวส่วนทำระเหย และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลของความยาวส่วนทำระเหยพบว่า ท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด ขนาด 100 mm จะมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยสูงสุดในทุก ๆ สารทำงาน ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า เมื่อใช้ท่อความร้อน ขนาด 100 mm และใช้สารทำงานเอทานอล จะสามารถระบายความร้อนได้ดีที่สุด โดยมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน เท่ากับ 2.89 W ส่วนการติดตั้งท่อความร้อน ความยาวส่วน

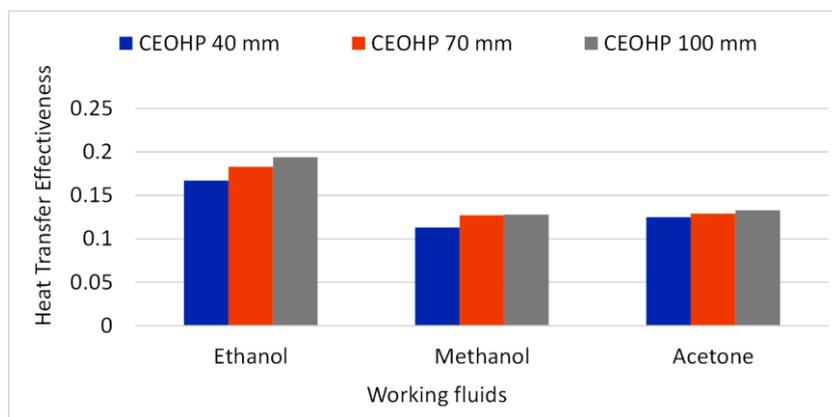
ทำระเหย ขนาด 40 mm ที่ใช้สารทำงานเมทานอล จะมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน เฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 0.50 W ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบผลของสารทำงานจะเห็นได้ว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนในกรณีที่ใช้สารทำงานเอทานอลจะมีค่าสูงสุดในทุกความยาวท่อส่วนทำระเหย อย่างไรก็ตามอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำงานแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไม่มากนักที่ความยาวท่อส่วนทำระเหยขนาดเดียวกัน



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อน

5.4 ผลของประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของท่อความร้อน ฯ แสดงดังรูปที่ 10

จากรูปที่ 10 ค่าประสิทธิภาพของท่อความร้อน ฯ เมื่อใช้สารทำงานเอทานอล เมทานอล และ อะซิโตน พบว่า ท่อความร้อน ฯ ที่ความยาวส่วนทำระเหย ขนาด 100 mm บรรจุสารทำงานเอทานอลมีประสิทธิภาพแลกเปลี่ยนความร้อนมากที่สุด เท่ากับ 0.194 และท่อความร้อน ฯ ที่ความยาวส่วนทำระเหย ขนาด 40 mm บรรจุสารทำงานเมทานอลมีประสิทธิภาพแลกเปลี่ยนความร้อนน้อยที่สุด เท่ากับ 0.113 โดยผลการทดสอบนี้ จะมีความสัมพันธ์ และแนวโน้มผลการทดสอบเหมือนกับผลทางด้าน การถ่ายเทความร้อน และผลการลดอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆ ภายในคอมพิวเตอรแบบตั้งโต๊ะ นั้นเอง



รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

6. สรุปผล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาต่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด โดยการเปรียบเทียบผลของความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด 3 ขนาด ได้แก่ 40 mm 70 mm และ 100 mm โดยใช้สารทำงาน 3 ชนิด ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และอะซิโตน เพื่อวิเคราะห์ผลการลดอุณหภูมิ อัตราการถ่ายเทความร้อน และประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิด โดยผลการจากทดลองสามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

6.1 การติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่ใช้สารทำงานเอทานอล เมทานอล และอะซิโตนสามารถช่วยลดอุณหภูมิซีพียูและการ์ดแสดงผลภายในคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะได้ โดยเมื่อความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดเพิ่มขึ้นจาก 40 mm เป็น 70 mm และ 100 mm จะทำให้อุณหภูมิของซีพียูและการ์ดแสดงผลลดลงตามลำดับสำหรับสารทำงานทั้ง 3 ชนิด เมื่อเทียบกับกรณีไม่ติดตั้งท่อความร้อนที่มีอุณหภูมิซีพียูและการ์ดแสดงผลเป็น 60.67 °C และ 51.80 °C ตามลำดับ การติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่ใช้ความยาวส่วนทำระเหย 100 mm และสารทำงานเป็นเอทานอลสามารถลดอุณหภูมิซีพียูและการ์ดแสดงผลได้มากที่สุด 3.47 °C และ 5.23 °C ตามลำดับ

6.2 จากการทดลองเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อน พบว่า เมื่อความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดเพิ่มขึ้นจาก 40 mm เป็น 70 mm และ 100 mm อัตราการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นสำหรับสารทำงานทั้ง 3 ชนิด โดยกรณีที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่ความยาวส่วนทำระเหย 100 mm บรรจุนสารทำงานเอทานอลมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยสูงสุด 2.89 W ส่วนกรณีที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่ความยาวท่อ 40 mm บรรจุนสารทำงานเมทานอลมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยต่ำสุด 0.50 W

6.3 จากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่า กรณีที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่ความยาวส่วนทำระเหย 100 mm บรรจุนสารทำงานเอทานอลมีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงสุดที่ 0.194 ส่วนกรณีที่ติดตั้งท่อความร้อนแบบสั่นปลายปิดที่ความยาวส่วนทำระเหย ขนาด 40 mm บรรจุนสารทำงานเมทานอลมีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนต่ำสุดที่ 0.113

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติศักดิ์ พรหมเพ็ง, ศราวุฒิ ทองถนอม, ศุภฤกษ์ เฉลิมลักษณ์. (2557). การพัฒนาอุปกรณ์เสริมระบายความร้อนซีพียูคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะด้วยท่อความร้อน. ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ตาก: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
- [2] ฉัตรณรงค์ ศรีวิใจ, ธนพงศ์ ไวยเวทา, ศราวุฒิ อนันรัตน์พานิชย์, สิริกร แจ่มสว่างชุด. (2552). จำลองระบบระบายความร้อนน้ำมันไฮดรอลิกด้วยท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน. ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ตาก: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
- [3] ยุธนา ศรีอุดม, อนุรัตน์ เทวตา, เอกันธุ์ กระจ่างธิมภาพร. (2564). การศึกษาเชิงทดสอบและการ

- วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้ท่อความร้อนสำหรับการระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบม, ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 13 กรกฎาคม 2563 : pp 62 – 73.
- [4] ยุธนา ศรีอุดม, อนูรัตน์ เทวตา, สังคม สัพโส, นิวัฒน์ ประทุมไชย. (2564). การศึกษาเชิงทดสอบการใช้น้ำสำหรับระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2564 : pp 123 – 137.
- [5] เขาว์ อินทร์ประสิทธิ์ และ พิระพล อีระพงษ์รามกุล. (2554). การออกแบบและทดสอบสมรรถนะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดใบมีดกวาดผิวสำหรับการผลิตน้ำจืดไถ่ระดับอุตสาหกรรม. วิทยาสาร กำแพงแสน, ปีที่ 9 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2554 : pp 83 – 94.
- [6] พงษ์ สกูลช่างส์จจะทัย, ถนัด เกษประดิษฐ์. (2553). การศึกษาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่อความร้อนเพื่อพัฒนาการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [7] Khandekar S, Groll M. (2004). Closed and open loop pulsating heat pipes. 13 th International heat pipe Conference; Shanghai. China; 2004; pp 57-70.
- [8] Maezawa, S., Gi, K. Y., Minamisawa, A. and Akachi, H. (1955) Thermal performance of capillary tube thermosyphon. In Proceedings of the IX International Heat Pipe Conference, Albuquerque, USA.