

## การเพิ่มสมรรถนะเครื่องปรับอากาศโดยใช้น้ำควบแน่นจากอีวาपोเรเตอร์ Performance improvement of air condition by water condensing from evaporator

พูนพงษ์ สวาสดิพันธ์ อ่ำไพศักดิ์ ที่บุญมา และ ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190, email:luechai36@hotmail.com

Poonpong Swatdepan\*, Umphisak Teeboonma and Chawalit Thinvongpituk  
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University,  
Ubon Ratchathani, 34190, Thailand.

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะ เครื่องปรับอากาศอัดไอบรรยากาศกับเครื่องปรับอากาศอัดไอบรรยากาศที่ใช้ น้ำกลั่นตัวจากอีวาपोเรเตอร์มาใช้ลดอุณหภูมิอากาศ โดยชุดฮีตไปป์ก่อนนำไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ พารามิเตอร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องปรับอากาศ ได้แก่ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน สัมประสิทธิ์สมรรถนะ และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

จากการทดลองพบว่า เครื่องปรับอากาศที่ใช้ น้ำกลั่นตัวจากอีวาपोเรเตอร์มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และการลดอุณหภูมิอากาศโดยชุดฮีตไปป์สามารถทำได้ในช่วงประมาณ 3 ชั่วโมงแรกเท่านั้น ในส่วนของสัมประสิทธิ์สมรรถนะ และประสิทธิภาพการให้ความเย็นของทั้งสองระบบค่อนข้างใกล้เคียงกัน

**คำสำคัญ :** การปรับอากาศ / การประหยัดพลังงาน / ฮีตไปป์

### Abstract

The objective of this paper was to comparatively study the performance of air conditioning unit between the conventional vapor compression and the conventional vapor compression with using water condensing from evaporator for decreasing the air temperature, which is used to reject heat at a condenser. The criteria for evaluating the performance of air conditioning unit were energy consumption, coefficient of performance, and energy efficiency ratio.

From experimental results, it was found that the energy consumption of the conventional vapor compression with using water condensing from evaporator is approximately 10 % lower than that one. Additionally, it should be noted that the air temperature, used to reject heat at a condenser, could be decreased using heat pipe system with in the first three hours only.

\* Corresponding author

Finally, the differences of coefficient of performance and energy efficiency ratio of both systems are insignificant.

**Keyword:** Air condition / Energy saving / Heat pipe

### 1. บทนำ

การปรับอากาศ (Air Conditioning) เป็นกระบวนการควบคุม สภาวะอากาศ ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน เช่นความสบายของมนุษย์ในที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงาน อาคารพาณิชย์ รวมทั้งการควบคุมคุณภาพสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อช่วยเร่งและควบคุมผลผลิต ให้ได้ผลตรงตามที่ต้องการ ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70-80 % โดยค่าอุณหภูมิและความชื้นดังกล่าวมีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งจะมีผลทำให้การเป็นอยู่ของมนุษย์ไม่สบายเท่าที่ควร ระบบปรับอากาศจึงเข้ามามีบทบาทในการควบคุมให้สภาพอากาศ โดยจะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับความต้องการ การนำระบบปรับอากาศมาใช้งานจะพบได้ตั้งแต่ งานขนาดเล็กเช่นในห้องนอน ห้องทำงาน ไปจนถึงงานขนาดใหญ่เช่น หอประชุม อาคารสำนักงาน และในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น และจากผลการศึกษาที่ผ่านมาจะพบว่าในระบบปรับอากาศจะใช้พลังงานไฟฟ้า ประมาณ 50-70 % ของพลังงานที่ใช้ในอาคารทั้งหมด ดังนั้นในงานวิจัยจะให้ความสนใจวิธีการประหยัดพลังงานโดยการนำความร้อนที่กลับมาใช้ ซึ่งจะทำการนำน้ำที่ควบแน่นจากระบบปรับอากาศซึ่งมีอุณหภูมิต่ำมาช่วยลดอุณหภูมิอากาศที่ระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ โดยมีฮีตไปป์เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำทั้งกับอากาศ

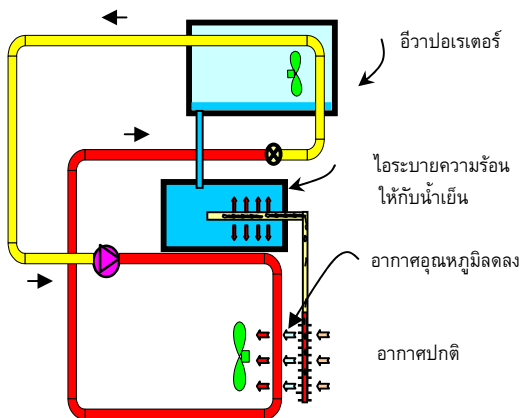
### 2. อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาแบ่งเป็นสองขั้นตอน คือ การศึกษาสมรรถนะเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานทั่วไป และการศึกษาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชุดฮีตไปป์ แล้วนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองในการใช้พลังงาน

**อุปกรณ์ฮีตไปป์** ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีตไปป์ประกอบด้วยท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้วจำนวน 40 ท่อ มีครีบบนช่วยถ่ายเทความร้อนแบ่งเป็น 3 ส่วน คือส่วนรับความร้อน ส่วนไอน้ำ และส่วนควบแน่นภายในท่อบรรจุด้วยสารทำงาน R-134a โดยเติมน้ำยาเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ระเหย ซึ่งเป็นคำแนะนำจากงานวิจัยที่ผ่านมา [1] ลักษณะของชุดทดลองดังแสดงในรูปที่ 1 และมีการติดตั้งดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนฮีตไปป์

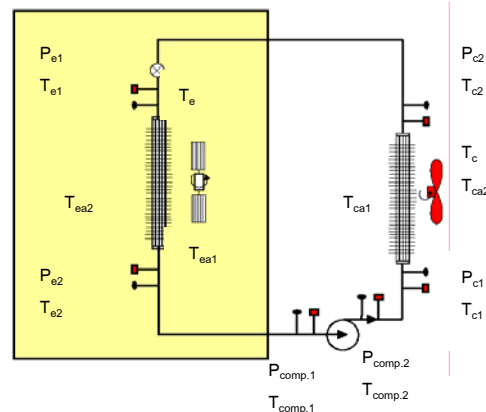


รูปที่ 2 ลักษณะการติดตั้งชุดฮีตไปป์

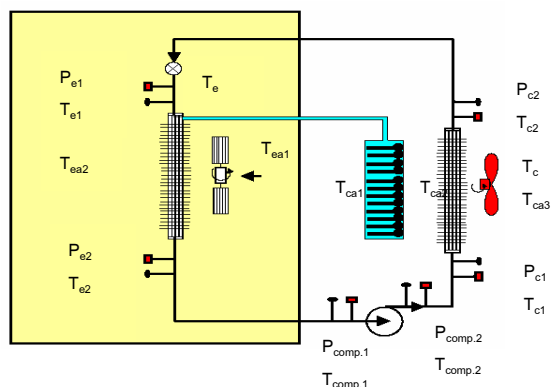
ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีตไปป์ ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้[2] ระบบจะเริ่มทำงานเมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างส่วนควบแน่น และส่วนที่ระเหย โดยเมื่อสารทำงานจะรับความร้อนและเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ไอร้อนจะเคลื่อนตัวผ่านส่วนส่งไอ ไปยังส่วนควบแน่น ที่ส่วนควบแน่นไอจะถ่ายเทความร้อนออกให้กับน้ำเย็น และเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวไหลกลับไปยังส่วนรับความร้อน จะทำงานลักษณะนี้ตลอดไปเมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างส่วนควบแน่นและส่วนรับความร้อน

**เครื่องปรับอากาศ** เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอธรรมดาคือติดตั้งใช้งานในห้องพักคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ขนาด 1.5 ตัน และติดตั้งเครื่องวัดความดันจำนวน 6 จุด วัดอุณหภูมิ จำนวน 12 จุด วัดความเร็วลมอากาศผ่านอีวาพอเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ และวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ลักษณะของห้องทดลองและตำแหน่งวัดค่าต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4

**วิธีการทดลอง** การทดลองหาค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศทั้งสองระบบจะทดลองในลักษณะที่ควบคุมสภาวะต่างๆ ก่อนการทดลองให้ใกล้เคียงกัน โดยในงานวิจัยนี้จะควบคุมโดยใช้เวลาเริ่มต้นเดินเครื่องเดียวกัน อุณหภูมิหน้ากลั่นตัวในชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีตไปป์มีค่า 15 °C และใช้เวลาเดินเครื่อง 5 ชั่วโมง ในขณะที่ทดลองจะบันทึกค่าต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น และกำลังไฟฟ้า หลังการทดลองจะนำข้อมูลที่บันทึกมาเปรียบเทียบ



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา



รูปที่ 4 เครื่องปรับอากาศทำงานร่วมกับฮีตไปป์

เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ มีสารทำงานคือ R-22 จะเริ่มทำงานโดยคอมเพรสเซอร์อัดไอ ให้ความดันและอุณหภูมิสูง ไอจะถูกส่งไประบายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์ เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ของเหลวความดันสูงและอุณหภูมิสูงจะลดความดันหลังผ่านเอ็กซ์แพนชันวาล์ว รับความร้อนเข้าพร้อมกับ เปลี่ยนสถานะเป็นไอที่อีวาपोเรเตอร์ และเคลื่อนตัวเข้าคอมเพรสเซอร์ ทำงานเป็นวัฏจักรต่อไป การหาค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ หาได้โดยใช้ค่าต่างๆที่อ่านจากเครื่องมือวัดค่าที่ติดตั้งในระบบเช่นความดัน อุณหภูมิ และอัตราการไหลของมวลอากาศที่ผ่านอีวาपोเรเตอร์ คอนเดนเซอร์

**การวิเคราะห์พลังงาน** การวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบก่อนและหลังใช้อุปกรณ์เสริม จะใช้สมการดังต่อไปนี้ [3]

1. ปริมาณความร้อนที่ระบายออกที่คอนเดนเซอร์หาจากสมการ

$$Q_{\text{cond.}} = m_c (h_{c,i} - h_{c,o}) \quad (1)$$

$Q_{\text{cond.}}$  = ปริมาณความร้อนที่ระบายออก, kW

$m_c$  = อัตราการไหลเชิงมวลอากาศที่ผ่านคอนเดนเซอร์, kg/s

$h$  = เอนทาลปี, kJ/kgK

2. ปริมาณความร้อนที่รับเข้าที่อีวาपोเรเตอร์ หาจาก

$$Q_{\text{evap.}} = m_e (h_{e,i} - h_{e,o}) \quad (2)$$

$Q_{\text{evap.}}$  = ปริมาณความเย็นที่ทำได้, kW

$m_e$  = อัตราการไหลเชิงมวลอากาศที่ผ่านอีวาपोเรเตอร์, kg/s

$h$  = เอนทาลปี, kJ/kgK

3. สัมประสิทธิ์สมรรถนะหาค่าจากสมการ

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{evap.}}}{W_{\text{comp.}}} \quad (3)$$

COP = สัมประสิทธิ์สมรรถนะ

$Q_{\text{evap.}}$  = ปริมาณความเย็นที่ทำได้, kW

$W_{\text{comp.}}$  = กำลังงานคอมเพรสเซอร์, kW

4. การหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

$$\text{EER} = \frac{\text{Cooling output}}{\text{Power input}} \quad (4)$$

EER = อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน Btu/hr/W

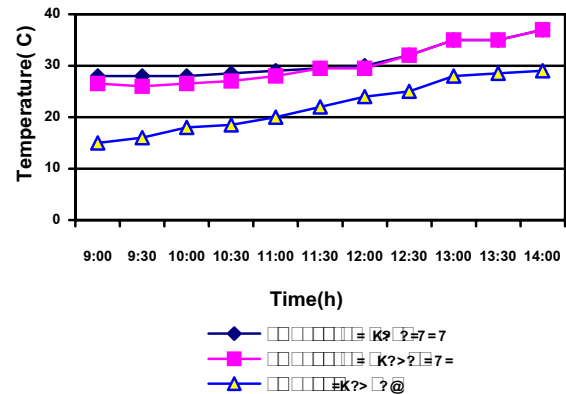
Cooling out = ความเย็นที่ได้, Btu/hr

Power input = กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้, W

### 3. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องปรับอากาศทั้งสองนั้น การใช้งานอยู่ในสภาพความเป็นจริง โดยทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ที่จุดต่างๆ ทุก 1 นาที ความชื้น ความเร็วอากาศ ความดันและกำลังไฟฟ้า ที่ใช้ ทุกๆ 30 นาที ใช้เวลาในการเดินเครื่องปรับอากาศนาน 5 ชั่วโมง

รูปที่ 5 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศที่ผ่านชุดฮีตไปป์ เมื่อเริ่มต้นเดินเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิอากาศหลังผ่านชุดฮีตไปป์ มีค่าลดลงเนื่องจากความร้อนจากอากาศถูกดูดออกโดยฮีตไปป์ ก่อนหน้าอากาศที่อุณหภูมิต่ำไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ หลังจากเดินเครื่องปรับอากาศต่อไป อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านฮีตไปป์ จะมีค่าเพิ่มขึ้นและเมื่อเดินเครื่องประมาณ 3 ชั่วโมง อุณหภูมิอากาศเข้ากับอุณหภูมิขากออกมีค่าเท่ากัน แสดงว่าชุดฮีตไปป์หยุดการรับความร้อนจากอากาศที่ผ่าน เมื่อพิจารณาแนวโน้มที่กลั่นตัวจากอีวาपोเรเตอร์ มีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 15°C หลังจากเดินเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งจะแปรผันตามเวลา แสดงให้เห็นว่าน้ำมีการรับความร้อนจากชุดฮีตไปป์ และในที่สุดอุณหภูมิน้ำกับอุณหภูมิอากาศที่ผ่านชุดฮีตไปป์จะมีค่าเท่ากัน

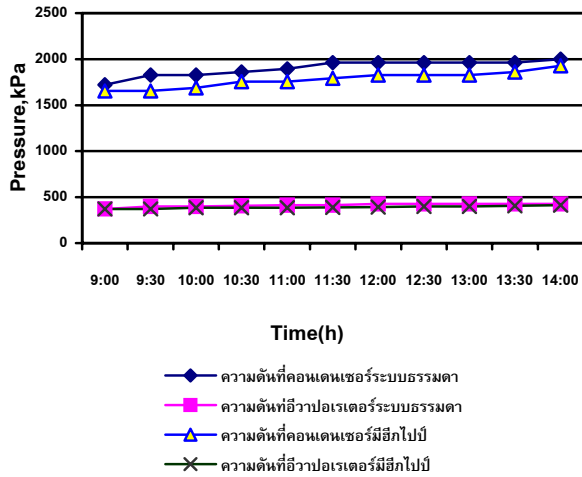


รูปที่ 5 ลักษณะการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ

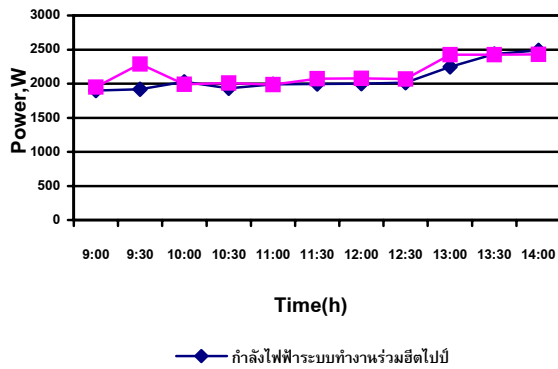
รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่าความดันที่คอนเดนเซอร์และอีวาपोเรเตอร์ เครื่องปรับอากาศธรรมดา กับ เครื่องปรับที่มีฮีตไปป์ ความดันที่คอนเดนเซอร์ระบบธรรมดา มีค่าสูงกว่าระบบที่มีฮีตไปป์ เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศที่ระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์แบบธรรมดามีค่าสูงกว่าแบบที่มีฮีตไปป์ ส่งผลให้ความดันมีค่าแตกต่างกัน ส่วนความดันที่อีวาपोเรเตอร์เครื่องปรับอากาศทั้งสองแบบมีค่าใกล้เคียงกันมาก

รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ขณะเครื่องปรับอากาศทำงาน เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองแบบ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบธรรมดาจะใช้มากกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของความดันขากออกจากคอมเพรสเซอร์ ซึ่งเมื่อความดันสูง จึงต้องใช้กำลังไฟฟ้าสูงตามไปด้วย เมื่อ

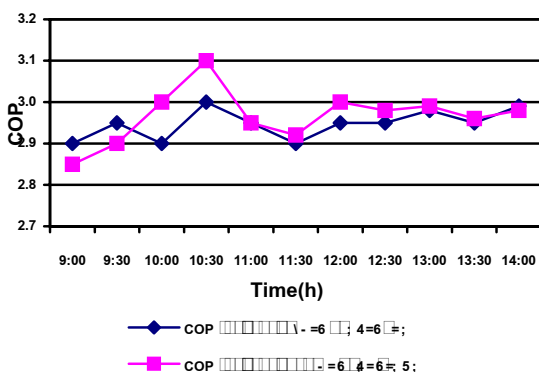
เครื่องปรับอากาศทำงาน 4 ชั่วโมง ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องปรับอากาศ จะมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 6 ความดันที่คอนเดนเซอร์และอีวาपोเรเตอร์

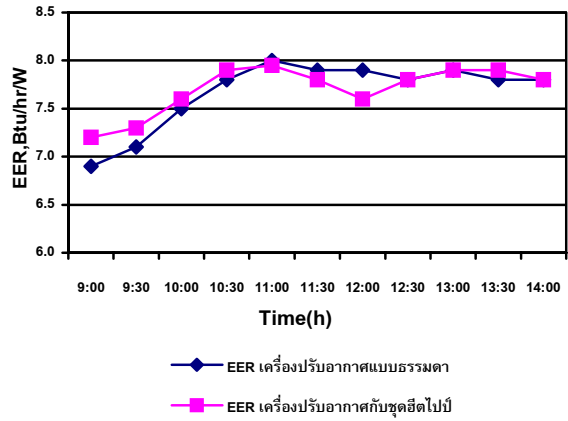


รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงาน



รูปที่ 8 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า COP ในแต่ละช่วงเวลา

รูปที่ 8 ตัวเลขบอกสมรรถนะเครื่องปรับอากาศ หรือ COP เปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศทั้งสองแบบ หาค่าจากสมการจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก ระหว่างเครื่องปรับอากาศ ทั้งสองลักษณะทำงาน โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ที่ประมาณ 2.9



รูปที่ 9 ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศในแต่ละช่วงเวลา

รูปที่ 9 แสดงค่า EER ของเครื่องปรับอากาศทั้งสองแบบ มีค่าใกล้เคียงกัน ค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองประมาณ 7.6

#### 4. สรุป

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษา การเปรียบเทียบสมรรถนะที่เกิดจากการใช้เครื่องปรับอากาศแบบธรรมดา กับเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ในช่วงเวลาเท่ากันคือจากเวลา 09:30 – 14:00 น. รวม 5 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาที่ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์จะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาประมาณ 0.9 kW-hr หรือประมาณ 10 % และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์จะหยุดทำงาน หลังจากเครื่องปรับอากาศทำงานได้ประมาณ 3 ชั่วโมง ซึ่งเกิดจากปริมาณน้ำที่ควบแน่นจากอีวาपोเรเตอร์มีไม่เพียงพอ จากการเปรียบเทียบค่า COP และ EER พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

#### 5. ข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่เกิดจากปริมาณน้ำที่ควบแน่นจากอีวาपोเรเตอร์มีไม่เพียงพอ ควรแก้ด้วยการต่อท่อเพื่อรวมเอาน้ำที่ควบแน่นจากเครื่องปรับอากาศหลายๆ เครื่องมารวมกัน ซึ่งจะช่วยให้ฮีทไปป์ทำงานได้นานขึ้น

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่สนับสนุนงบประมาณ เพื่อส่งเสริมงานวิจัยครั้งนี้

#### 7. เอกสารอ้างอิง

1. ชูติมา จารุศิริพจน์, "การทดสอบสมรรถนะของฮีตไปป์ไรเวกส์แบบทองแดงและฟร็อน เพื่อการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.
2. Shiraiishi, M., Kikuchi, K. and Yamanishi, T. "Investigation of heat transfer characteristic of a two phase closed thermosypton", Heat Recovery System, 1981, Vol.1, No. 4, pp.287-297.
3. ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta, USA, 1993.