

ชุดระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยใช้ดินดูดซับความร้อน

Cooling System for Air Conditioning by Absorption of Soil

ปิณฑิตต์ ตรึงศ์¹

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนออุปกรณ์ต้นแบบชุดระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยใช้ดินดูดซับความร้อน ชุดระบายความร้อนนี้ถูกออกแบบเพื่อลดการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศโดยนำความร้อนบางส่วนจากเครื่องปรับอากาศระบายลงสู่ดิน และใช้น้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยการสร้างชุดระบายความร้อน เรียกว่า “ฮีตซิงค์กราวนด์” และติดตั้งชุดฮีตซิงค์กราวนด์กับระบบปรับอากาศแบบทั่วไป ซึ่งระบบนี้สามารถทำงานได้ 2 แบบได้แก่ 1) แบบรวม และ 2) แบบสลับ จากการทดสอบการทำงานของระบบวันละ 7 ชั่วโมง และบันทึกผลทุก 1 นาที สามารถสรุปได้ว่าอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมเท่ากับ 2.5 ลิตรต่อนาที เมื่อทำการเปรียบเทียบการทำงานจะพบว่าระบบรวมช่วยลดการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศโดยเฉลี่ยประมาณ 20% ในขณะที่ระบบสลับลดได้โดยเฉลี่ยประมาณ 15% และการทำงานของระบบรวมสม่ำเสมอกว่าระบบสลับ

คำสำคัญ : เครื่องปรับอากาศ, ระบบระบายความร้อน, คอนเดนเซอร์, การดูดซับความร้อน, ฮีตซิงค์กราวนด์

Abstract

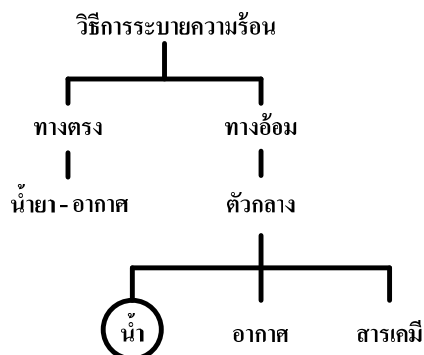
This paper presents the prototype of cooling system for air-conditioning by absorption of soil. This cooling system was designed for decreasing heat transfer from condenser to ambience. Some parts of heat from air-conditioning were transferred to soil by cooling water. For this research, we constructed cooling system that we called “the heat sink ground”. The air-conditioning with heat sink ground can work by 2 methods : 1) cooperation method and 2) alternate method. We tested the working of each method in 7 hours per day and recorded the results every 1 minute. From the results of this research, we can conclude that the optimum flow rate of cooling water is 2.5 L/min. When we compared the decrement of heat transfer to ambience between cooperation method system and alternate method system. The cooperation method can decrease heat transfer to ambience about 20% and the alternate method can decrease heat transfer to ambience about 15%. Then, the cooperation method system appropriate more than the alternate method system.

Keywords : Air conditioning, Cooling system, Condenser, Heat absorption, Heat sink ground

¹อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

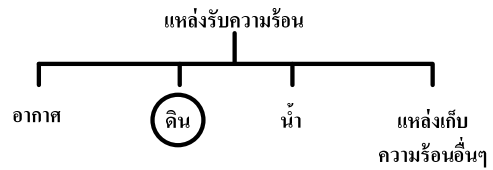
1. บทนำ

สำหรับประเทศไทยซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนั้น เครื่องปรับอากาศจึงกลายมาเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าหลักที่มีความจำเป็นและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เครื่องปรับอากาศทั่วไปประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ อีวาโปเรเตอร์ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์และอุปกรณ์ขยายตัว ซึ่งจะทำงานตามวัฏจักรแบบไออัดตัว โดยที่อีวาโปเรเตอร์จะทำหน้าที่ดูดความร้อนภายในห้องและคอนเดนเซอร์นำความร้อนนั้นออกไปปล่อยสู่บรรยากาศ โดยทั่วไปนั้นเครื่องปรับอากาศจะระบายความร้อนแบบทางตรง คือ ระบายความร้อนจากท่อน้ำยาและอากาศเป็นแหล่งรับความร้อน เป็นเหตุให้บรรยากาศภายนอกต้องรับภาระความร้อนอันเกิดมาจากการใช้เครื่องปรับอากาศ ดังนั้น ยิ่งใช้เครื่องปรับอากาศมากเท่าไร ก็ยิ่งส่งผลให้บรรยากาศของโลกร้อนเพิ่มขึ้นเท่านั้น [1]



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงวิธีระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ

ทางสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมการทำมาความเย็นและปรับอากาศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและบริษัทไคกัน อินดัสทรีส์ ประเทศไทยจำกัด มีความเห็นร่วมกันว่า “เครื่องปรับอากาศยุคใหม่ นอกจากประหยัดพลังงานแล้ว ยังต้องรักษาสีสิ่งแวดล้อม” จึงได้จัดตั้งโครงการพัฒนาระบบระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขึ้น โดยมีเป้าหมายในการหาทางลดการปล่อยความร้อนของเครื่องปรับอากาศออกสู่ชั้นบรรยากาศ

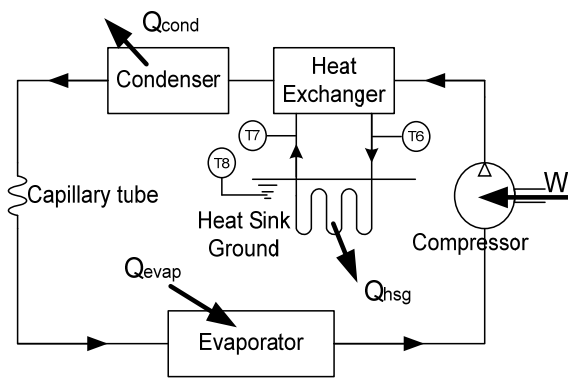


รูปที่ 2 แผนภูมิแสดงแหล่งรับความร้อน

รูปที่ 1 และ 2 แสดงถึงวิธีการระบายความร้อนและแหล่งรับความร้อนของเครื่องปรับอากาศ การระบายความร้อนสู่ ดิน น้ำ หรือนำความร้อนจากเครื่องปรับอากาศไปเก็บไว้ในถังสะสมความร้อน ก็เป็นทางเลือกที่สามารถช่วยลดการปล่อยอากาศร้อนออกสู่บรรยากาศได้ ในขั้นต้นคณะวิจัยได้เลือกใช้ดินเป็นแหล่งรับความร้อน เนื่องจากดินมีความสามารถในการเก็บความร้อนได้ดี และในระดับความลึกมากของดินยังมีความชื้นที่มีส่วนช่วยในการระบายความร้อนได้อีกด้วย [2] โดยใช้วิธีการระบายความร้อนเป็นแบบทางอ้อม มีน้ำเป็นตัวกลางส่งความร้อนลงสู่ดินผ่านทางขดท่อทองแดง เมื่อเทียบกับการระบายความร้อนทางตรงที่ต้องนำท่อน้ำยาฝังไว้ใต้ดิน การระบายความร้อนทางอ้อมนี้จะช่วยแก้ปัญหาการกัดกร่อนและการชำรุดเสียหายของท่อน้ำยาได้ [3] ดังนั้น ทางคณะวิจัยจึงได้ออกแบบ สร้าง และทดสอบ ชุดระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้ดินเป็นแหล่งดูดซับความร้อนขึ้น ในการวิจัยดังกล่าวจะมีส่วนช่วยในการประหยัดพลังงานและลดความร้อนที่ปล่อยสู่บรรยากาศได้

2. หลักการและทฤษฎี

ชุดระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยใช้ดินดูดซับความร้อน เป็นการระบายความร้อนแบบทางอ้อม โดยใช้ น้ำเป็นตัวกลางส่งผ่านความร้อนลงสู่ดิน [4-5] ดังรูปที่ 3 แสดงระบบปรับอากาศพร้อมทั้งติดตั้งชุดระบายความร้อนลงสู่ดิน



รูปที่ 3 ขบวนการระบายความร้อนโดยใช้ดิน

2.1 หลักการระบายความร้อน

วงจรระบายความร้อนโดยใช้ดินดูดซับความร้อนประกอบด้วย อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและขดท่อน้ำฝังดิน ซึ่งเรียกว่า “ฮีตซิงก์กราวด์ (Heat Sink Ground)” [6] ความร้อนภายในห้องจะถูกดูดโดยฮีวโปเรเตอร์ (Q_{evap}) และพลังงานที่ให้กับคอมเพรสเซอร์ (W) จะถูกระบายออกได้สองทางคือ ทางคอนเดนเซอร์สู่บรรยากาศ (Q_{cond}) และทางขดท่อน้ำสู่ดิน (Q_{hsg}) ดังรูปที่ 3 ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

$$Q_{\text{evap}} + W = Q_{\text{cond}} + Q_{\text{hsg}} \quad (1)$$

ในกรณีที่ฮีตซิงก์กราวด์มีความสามารถในการรับความร้อนจากฮีวโปเรเตอร์และคอมเพรสเซอร์ได้ทั้งหมด จะถือว่าไม่มีการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศ ($Q_{\text{cond}} = 0$) ดังนั้นความสัมพันธ์ของระบบจะเปลี่ยนเป็น

$$Q_{\text{evap}} + W = Q_{\text{hsg}} \quad (2)$$

2.2 การแลกเปลี่ยนความร้อนสารทำความเย็นและน้ำ

การระบายความร้อนลงสู่ดินโดยใช้น้ำเป็นตัวกลางนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) เพื่อถ่ายเทความร้อนจากสารทำความเย็นให้แก่ น้ำที่ไหลออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะไหลเข้าสู่ฮีตซิงก์กราวด์เพื่อทำการถ่ายเทความร้อนให้กับดินอีกต่อหนึ่ง

ความสัมพันธ์ของการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นและน้ำสามารถแสดงได้ ดังนี้

$$(\dot{m}_r \Delta h_{\text{HE}})_r = (\dot{m}_w C_p \Delta T_w)_w \quad (3)$$

โดยที่ :

$\dot{m}_r$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลสารทำความเย็น (kg/s)

Δh_{HE} คือ ค่าความเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีของสารทำความเย็นในการแลกเปลี่ยนความร้อน (J/kg)

$\dot{m}_w$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/kg.K)

ΔT_w คือ ค่าความต่างของอุณหภูมิน้ำเข้า-ออก (K)

2.3 การระบายความร้อนลงสู่ดิน

ในกระบวนการถ่ายเทความร้อนให้กับดินจะมีความซับซ้อนกว่าข้างต้น เนื่องจากดินเป็นสสารที่มีส่วนประกอบของอนุภาคต่างๆ ซึ่งถ้าใช้ขนาดเป็นตัวแทนจะสามารถแบ่งอนุภาคของดิน[7] ได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้ : 1) ดินเหนียว (clay) 2) โคลน (silt) และ 3) ทราย (sand) เมื่ออนุภาคทั้งสามถูกผสมด้วยสัดส่วนที่แตกต่างกันก็จะส่งผลถึงชนิดและคุณสมบัติของดินที่แตกต่างกันไปด้วย ชนิดของดินแบบต่างๆจะส่งผลถึงการถ่ายเทความร้อน ในการใช้ดินดูดซับความร้อนนั้น กระบวนการนำความร้อน[8] เป็นกระบวนการหลักเพื่อชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดิน แต่ดินจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไปเท่าใดขึ้นกับคุณสมบัติของดิน ได้แก่ ค่าความจุความร้อนของดิน (heat capacity of soil) และค่าความสามารถในการนำความร้อนของดิน (thermal conductivity of soil) ซึ่งสามารถแสดงในรูปของสมการได้ดังนี้

2.3.1 การแพร่กระจายความร้อนภายในดิน

$$Q_{\text{hsg}} = (UA \Delta T_{\text{diff},s})_{\text{soil}} \quad (4)$$

โดยที่ :

U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม
(W/m².K)

A คือ พื้นที่รับความร้อนของดิน (m²)

$\Delta T_{diff,s}$ คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิของดิน
ณ ตำแหน่งใดๆ (K)

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของดิน

$$(\dot{m}_w C_p \Delta T_w)_w = \left(\frac{m_s C_{p,s} \Delta T_s}{t} \right)_{soil} \quad (5)$$

โดยที่ :

m_s คือ มวลของดิน (kg)

$c_{p,s}$ คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของดิน (J/kg.K)

ΔT_s คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดิน ณ เวลาใดๆ
(K)

t คือ เวลา (s)

ตารางที่ 1 แสดงถึงค่าความจุความร้อนจำเพาะและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนขององค์ประกอบสำคัญต่างๆ ภายในดิน จากตารางจะเห็นได้ว่า ถ้าดินมีความชื้นสูงจะทำให้ค่าความจุความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของดินมีค่าสูงตามไปด้วยและถ้าดินมีส่วนส่วนของทรายผสมอยู่สูง แร่ธาตุ quartz ของทรายจะทำให้ความสามารถในการนำความร้อนของดินนั้นดีขึ้น

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของดิน (Hillel, 1980) [9]

องค์ประกอบของดิน	C_p (J/kg.K)	k (W/m.K)
Air (293K)	1.25	0.025
Water (liquid)	4.2×10^3	0.57
Water (ice)	1.9×10^3	2.20
Quartz	2.0×10^3	8.8
Clay minerals	2.0×10^3	-
Soil orgatter	2.6×10^3	0.25
Other soil mierals	2.0×10^3	2.9

3. ขั้นตอนการดำเนินการ

ในขั้นตอนการดำเนินการ จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์

เป็นขั้นตอนในการออกแบบ จัดสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการทั้งหมด ซึ่งสามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

3.1.1 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนและฮีตซิงค์กราวด์

จัดสร้างชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและฮีตซิงค์กราวด์จำลองขนาด $2.5 \times 1.5 \times 1 \text{ m}^3$ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชุดฮีตซิงค์กราวด์

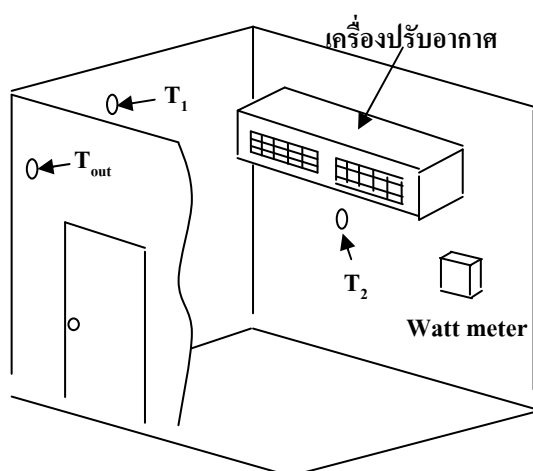
โดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ 1) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ 2 ชั้นไหลสวนทาง 2) ปั๊มน้ำ 3) อุปกรณ์วัดอัตราการไหล 4) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ และ 5) ชุดท่อระบายความร้อน

3.1.2 เครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์วัดผล

การติดตั้งระบบทำความเย็นและอุปกรณ์วัดผล โดยเครื่องปรับอากาศขนาด 9000 BTU/hr จะถูกติดตั้งภายในห้องขนาดประมาณ 18 m^2 ดังรูปที่ 5

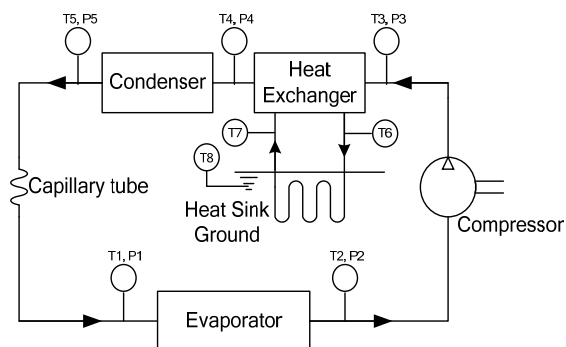


รูปที่ 5 การติดตั้งระบบทำความเย็น

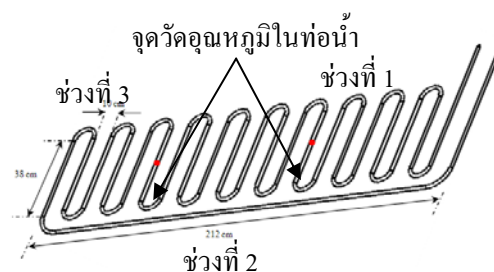


รูปที่ 6 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ความชื้นและกำลังไฟฟ้าภายในห้อง

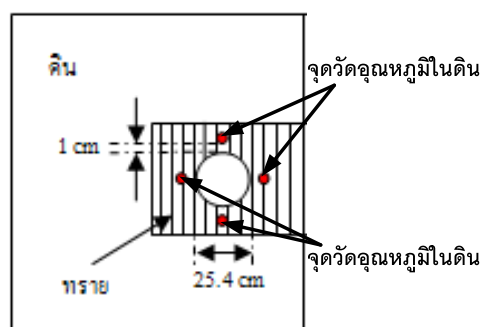
พร้อมทั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ความดัน ความชื้น และกำลังไฟฟ้า ภายในห้อง เพื่อใช้ในการคำนวณภาระโหลดของเครื่องปรับอากาศ ดังรูปที่ 6 และภายในท่อสารทำความเย็นจะติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความดันเพื่อใช้ในการคำนวณค่าเอนทาลปีของระบบ สำหรับภายในท่อน้ำและดินจะติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว เพื่อกำหนดค่าความร้อนที่ฮีตซิงค์ร้าวสามารถรับได้ ดังรูปที่ 7 รูปที่ 8 และรูปที่ 9



รูปที่ 7 แสดงจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันและอุณหภูมิของระบบปรับอากาศ



รูปที่ 8 แสดงจุดวัดอุณหภูมิของน้ำในท่อ



รูปที่ 9 แสดงจุดวัดอุณหภูมิภายในดิน

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับและการแพร่กระจายความร้อนของดิน มีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

3.2.1 การหาอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสม

การหาอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนที่เหมาะสม สามารถทำได้โดยการปรับอัตราการไหลของน้ำ 4 ระดับ คือ 1, 2.5, 5 และ 8 ลิตรต่อนาที และวัดอุณหภูมิเข้าและออกของน้ำและสารทำความเย็นที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและที่คอนเดนเซอร์

3.2.2 ศึกษาความสามารถในการดูดซับความร้อนของดิน

เมื่อทราบอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมแล้ว จึงแบ่งการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับความร้อนของดินออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 เครื่องปรับอากาศทำงานตามปกติโดยไม่มีอุปกรณ์เสริมช่วยในการระบายความร้อน

การทดลองที่ 2 เครื่องปรับอากาศทำงานโดยมีอุปกรณ์เสริมช่วยระบายความร้อนทำงานร่วมกับคอนเดนเซอร์ (ฮีตซิงค์กราวด์และคอนเดนเซอร์ทำงานพร้อมกัน หรือเรียกว่า “ระบบรวม”)

การทดลองที่ 3 เครื่องปรับอากาศทำงานโดยมีอุปกรณ์เสริมช่วยระบายความร้อนทำงานสลับกับคอนเดนเซอร์ (ฮีตซิงค์กราวด์ทำงานสลับกับคอนเดนเซอร์ หรือเรียกว่า “ระบบสลับ”)

แต่ละการทดลองจะใช้เวลา 7 วัน วันละ 7 ชั่วโมง และบันทึกผลทุก 1 นาที เพื่อที่จะสามารถคัดเลือกข้อมูลที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกันของทั้ง 3 การทดลองและเปรียบเทียบหาระบบที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปพัฒนาเพื่อใช้งานจริงต่อไป

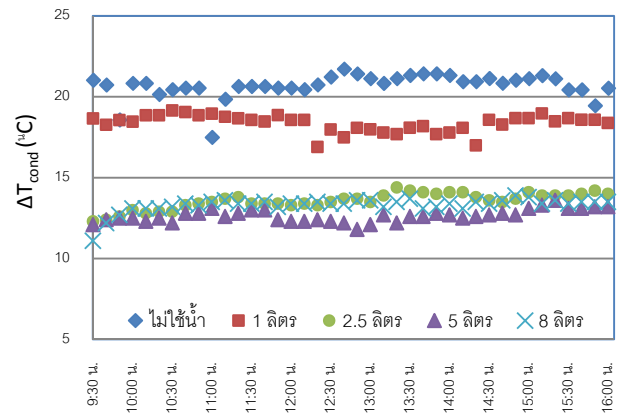
4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

จากการทดลองตามหัวข้อที่ 3.2 สามารถนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ ซึ่งในที่นี้จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 หัวข้อ ดังนี้

4.1 การทดสอบหาอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมกับการดูดซับความร้อนของดิน

ทำการทดสอบโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิสารทำความเย็นที่เข้า-ออก คอนเดนเซอร์ระหว่างระบบปรับอากาศทั่วไปซึ่งไม่มีอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อนกับระบบปรับอากาศที่มีน้ำช่วยระบายความร้อนที่มีอัตราการไหลเท่ากับ

1, 2.5, 5 และ 8 ลิตรต่อนาที ผลการทดสอบดังแสดงในกราฟรูปที่ 10

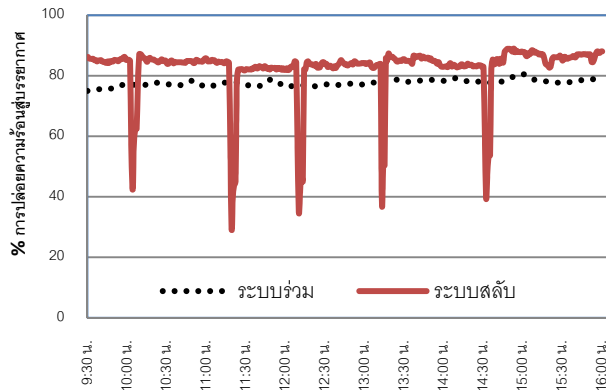


รูปที่ 10 ความแตกต่างของอุณหภูมิสารทำความเย็นที่เข้า-ออกคอนเดนเซอร์

ปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศจะแปรผันตามความแตกต่างของอุณหภูมิสารทำความเย็นที่เข้าและออกคอนเดนเซอร์ ดังกราฟข้างต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ระบบปรับอากาศทั่วไป (โดยไม่ใช้น้ำ) มีอัตราการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศมากที่สุด และเมื่อนำน้ำมาช่วยระบายความร้อน จะทำให้ความร้อนที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศลดลง แต่เมื่อปรับอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 2.5, 5 และ 8 ลิตรต่อนาที เราพบว่าอัตราการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศนั้นไม่ต่างกันมากนัก แต่อัตราการไหลที่ช้าจะทำให้ดินมีเวลาในการดูดซับความร้อนจากน้ำได้มากกว่าและประหยัดพลังงานมากกว่าด้วย ดังนั้น เราจึงเลือกอัตราการไหลของน้ำที่ 2.5 ลิตรต่อนาที

4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศ

เป็นการเปรียบเทียบระหว่างระบบฮีตซิงค์กราวด์ทำงานร่วมกับคอนเดนเซอร์และระบบฮีตซิงค์กราวด์ทำงานสลับกับคอนเดนเซอร์ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 11

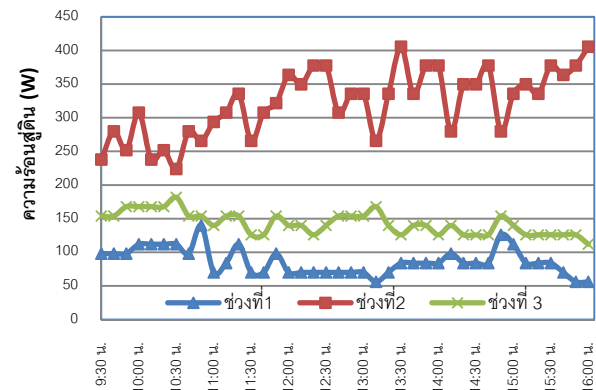


รูปที่ 11 เปรียบเทียบการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศ

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ระบบฮีตซิงค์กราวด์ทำงานร่วมกับคอนเดนเซอร์ จะสามารถลดการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศได้ประมาณ 20% และการทำงานจะราบเรียบและสม่ำเสมอ ในขณะที่ระบบฮีตซิงค์กราวด์ทำงานสลับกับคอนเดนเซอร์ ส่วนใหญ่จะสามารถลดการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศได้ประมาณ 15% แต่ในช่วงที่คอนเดนเซอร์หยุดทำงาน ความร้อนส่วนใหญ่จะถูกระบายให้กับดิน ทำให้สามารถลดการปล่อยความร้อนได้ถึง 60% แต่อยู่ในช่วงเวลาสั้นๆเท่านั้น

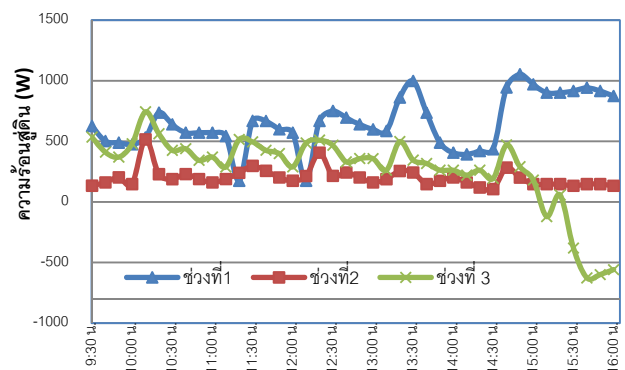
4.3 การศึกษาความสามารถในการดูดซับความร้อนของดินแต่ละช่วงของขดท่อน้ำ

เป็นการนำข้อมูลจากการทดลองของระบบฮีตซิงค์กราวด์ทำงานร่วมกับคอนเดนเซอร์ (รูปที่ 12) และระบบฮีตซิงค์กราวด์ทำงานสลับกับคอนเดนเซอร์ (รูปที่ 13) มาคำนวณความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำในท่อทั้ง 3 ช่วง เพื่อหาความร้อนที่ถ่ายเทจากขดท่อเข้าสู่ดินในแต่ละช่วง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่า สำหรับระบบร่วม ความสามารถในการดูดซับความร้อนของดินจะค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดทั้งวัน และช่วงที่ 2 จะสามารถดูดซับความร้อนได้ดีที่สุด



รูปที่ 12 ลักษณะการดูดซับความร้อนของดินในแต่ละช่วง (ระบบร่วม)

สำหรับระบบสลับ ความสามารถในการดูดซับความร้อนของดินจะเปลี่ยนแปลงตามการทำงานของคอนเดนเซอร์ ไม่ราบเรียบสม่ำเสมอเหมือนระบบร่วม ซึ่งในช่วงที่ 3 จะพบว่าความร้อนมีค่าเป็นลบ เนื่องจากดินซึ่งได้รับความร้อนมากเกินไปเพราะคอนเดนเซอร์หยุดทำงาน และไม่สามารถแพร่ความร้อนออกไปสู่ดินส่วนนอกได้ทัน ทำให้ความร้อนที่สะสมนั้นถูกถ่ายเทคืนให้กับน้ำ



รูปที่ 13 ลักษณะการดูดซับความร้อนของดินในแต่ละช่วง (ระบบสลับ)

4.4 การศึกษาทิศทางการแพร่กระจายความร้อน

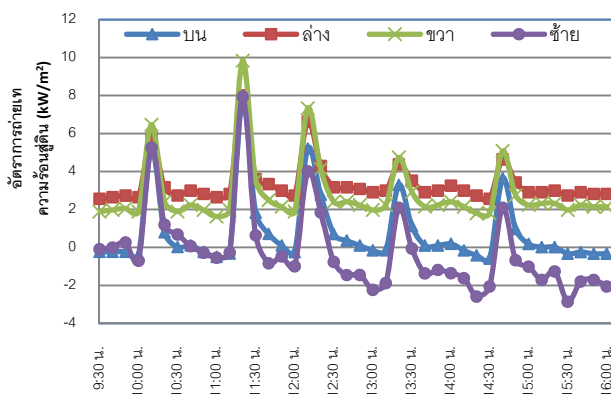
โดยคำนวณทิศทางที่สามารถรับความร้อนได้ดีของดินจากความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำภายในท่อกับอุณหภูมิของดินทั้ง 4 จุด ได้แก่ ด้านบน ด้านล่าง ด้านขวา และด้านซ้าย ซึ่งห่างจากท่อประมาณ 1 เซนติเมตร (รูปที่ 9) ของระบบฮีตซิงค์กราวด์

ทำงานร่วมกับคอนเดนเซอร์ (รูปที่ 14) และระบบฮีตซิงค์กราวด์ทำงานสลับกับคอนเดนเซอร์ (รูปที่ 15)



รูปที่ 14 การถ่ายเทความร้อนจากท่อลงสู่ดินในทิศทางต่างๆ (ระบบรวม)

จากรูปทั้งสองจะแสดงให้เห็นคล้ายกันคือ บริเวณด้านล่างของท่อน้ำ ดินจะมีความชื้นและอุณหภูมิที่ต่ำกว่าด้านอื่นๆ ดังนั้นความร้อนจึงสามารถที่จะถ่ายเทลงสู่ด้านล่างได้มากกว่าด้านอื่นๆ และเหมือนดังเช่นหัวข้อที่ 4.3 คือ ระบบรวมจะมีความสม่ำเสมอในการถ่ายเทความร้อน แต่ระบบสลับจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามการทำงานของคอนเดนเซอร์ทำให้ช่วงที่คอนเดนเซอร์หยุดทำงาน การถ่ายเทความร้อนลงสู่ดินจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 15 การถ่ายเทความร้อนจากท่อลงสู่ดินในทิศทางต่างๆ (ระบบรวม)

5. บทสรุป

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลที่ผ่านมาทั้ง 4 หัวข้อข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า อัตราการไหลของน้ำที่ใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจะต้องมีค่าไม่สูงหรือต่ำเกินไป ซึ่งในโครงการนี้เลือกใช้อัตราการไหลที่ 2.5 ลิตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ทำให้มีเวลาเพียงพอในการรับความร้อนจากสารทำความเย็น และถ่ายเทความร้อนลงสู่ดินได้เหมาะสมกับชุดฮีตซิงค์กราวด์ซึ่งออกแบบเอาไว้มากที่สุด และเมื่อทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของชุดฮีตซิงค์กราวด์แบบระบบรวมและระบบสลับ พบว่า ระบบรวมจะสามารถลดการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศได้ 20% การทำงานของระบบและการถ่ายเทความร้อนเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่ระบบสลับจะสามารถลดการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศได้เฉลี่ยประมาณ 15% แต่มีช่วงเวลานั้นๆ ที่ดินสามารถรับความร้อนได้เต็มที่ ในช่วงนั้นสามารถลดการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศได้ถึง 60% ดังนั้นการระบายความร้อนสู่ดินของระบบสลับจึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของดินซึ่งจะส่งผลต่อการสลับการทำงานของคอนเดนเซอร์ และเมื่อพิจารณาถึงทิศทางการแพร่กระจายของความร้อนจะพบว่าดินด้านล่างจะมีความชื้นและอุณหภูมิที่ต่ำกว่าด้านอื่นๆ ทำให้ความร้อนสามารถถ่ายเทลงสู่ดินด้านล่างได้ง่ายกว่าด้านอื่นๆ จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ทั้งหมด เป็นเพียงต้นแบบส่วนหนึ่งเพื่อที่จะนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นหรือพื้นฐานในการพัฒนาหาวิธีการลดการปล่อยความร้อนจากเครื่องปรับอากาศออกสู่บรรยากาศต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. ปรีดา จันทวงษ์, จงจิตร หิรัญลาภ, โจเซฟ เคารี, อำนาจ จันทระกะพอ, “การศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของปล่องกระจุกระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะอากาศแบบร้อนชื้นของกรุงเทพมหานคร”, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, 2551, หน้า 28-35.

- 2 กริช จิรวัดน์สีวาพร, สรรเพชร วรรณศรี, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, “ระบบปรับอากาศที่มีการระบายความร้อนลงสู่พื้นดิน”, การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน (ครั้งที่ 4), โรงแรมโกลเด้นท์ไพน์รีสอร์ท เชียงราย, 2548, หน้า 148-155.
- 3 โกวิทช์ จันทรสิน, ชำนาญ หมวดิษฐ์, สุขเกษม หมวกเสนา, “ชุดทดลองการดูดซับความร้อนของดิน”, ปรินญา นิพนธ์ ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.
- 4 D.E. Fisher and S.J. Rees, “Modeling Ground Source Heat Pump Systems in a Building Energy Simulation Program (Energyplus)”, Ninth International IBPSA Conference, 2005.
- 5 J. Lund, B. Sanner, L. Rybach, R. Curtis and G. Hellstrom, “Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps a World Overview”, Geo-Heat Center Quarterly Bulletin, 2004.
- 6 L. Rybach and B. Sanner, “Ground-Source Heat Pump System the European Experience”, Geo-Heat Center Quarterly Bulletin, Klamath Falls, Oregon Institute of Technology, 2000, Vol. 21(1), pp.16-26.
- 7 กิรติกานต์ พิริยะกุล, “การตรวจสอบคุณสมบัติที่แตกต่างกันทางกายภาพของดินเหนียวด้วยความเร็วคลื่นเฉือน”, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, 2553, หน้า 25-29.
- 8 จิระพล กลิ่นบุญ, “การระบายความร้อนด้วยท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน”, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, 2553, หน้า 30-35.
- 9 D. Hillel, Fundamentals of Soil Physics, Academic Press (New York), 1980.