

การหาสภาพที่เหมาะสมของลำดับการเดินเครื่องทำน้ำเย็น

Optimization of Chiller Sequence Operation

ฉัตรชัย เปล่งสะอาด วิทยา ขงเจริญ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

Withaya Yongcharoen , Chatchai Peangsaart

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

254 Phayatai Rd, Wangmai Pathumwan Bangkok 10330 Thailand

Tel: 0-22186625 Fax: 0-22522889 E-mail: fmewyc@chula.ac.th, cheney_p@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะนำไปใช้หาสภาพที่เหมาะสมด้วยวิธีออปติไมเซชัน (optimization) ของการลำดับการเดินเครื่องในสภาพปัจจุบันของเครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่องที่มีขนาดแตกต่างกันซึ่งทำให้ระบบใช้พลังงานต่ำสุด สำหรับการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเป็นการศึกษาถึงลักษณะการเดินเครื่องในสภาพใช้งานปัจจุบันของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่อง เพื่อจะนำข้อมูลดังกล่าวไปพัฒนาเป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการคำนวณหาลักษณะการแบ่งภาระการทำความเย็นของทั้งระบบ ให้กับเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่องได้ สำหรับในส่วนที่ 2 จะเป็นการเก็บข้อมูลการเดินเครื่องในสภาพที่เกิดขึ้นจริงของระบบ และนำข้อมูลดังกล่าวส่งเข้ามายังโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการคำนวณหาลักษณะของการแบ่งภาระการทำความเย็น จากนั้นทำการปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องของทั้งระบบด้วยมือตามโปรแกรมทุกๆ ชั่วโมง จากการทดลอง สรุปได้ว่า โปรแกรมจะให้ค่าของการแบ่งภาระของการทำความเย็นของทั้งระบบเปลี่ยนแปลงไป โดยโปรแกรมจะทำการแบ่งภาระการทำความเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพดีกว่ารับภาระเพิ่มมากขึ้น ส่วนเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพด้อยกว่าจะรับภาระลดลงซึ่งจากการเดินเครื่องดังกล่าว จะส่งผลให้การใช้พลังงานของทั้งระบบลดลงได้

Abstract

This research aimed to analyze and develop a computer program for optimizing the sequence operation of chillers, which have a different size in order to get the minimum electric energy supply. The study is divided into 2 parts. For the first part, the chiller characteristics and sequence operation of the chillers was studied and a computer program was developed in order to calculate the splitting load of the chiller. For the second part, the data from a real time monitoring was collected and sent to a computer program to calculate the splitting cooling load for chillers. Then the chiller loads were manually adjusted according to the program every hour. From the result, we can conclude that the program will split higher load to a higher efficiency chiller and lower load to a lesser efficiency one. Thus, the energy consumption of the system is reduced.

บทนำ

ในปัจจุบันระบบการทำความเย็นด้วยน้ำเย็นหมุนเวียน (Chiller Plant) นั้นได้ มีบทบาทสำคัญต่อระบบการทำความเย็นภายในอาคารมากขึ้น โดยเฉพาะ โรงพยาบาล โรงแรมขนาดใหญ่ หรืออาคารสูง เป็นต้น แต่จากการวิเคราะห์ในด้านการใช้พลังงานของระบบจะพบว่า ระบบนี้ใช้พลังงานค่อนข้างสูง ทำให้รายจ่ายทางด้านพลังงานของอาคารมีปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานลง โดยประโยชน์ในการใช้งานยังคงมีเช่นเดิม จึงมีการนำคอมพิวเตอรืเข้ามาช่วยควบคุมและกำหนดการทำงานของระบบการทำความเย็น เพื่อให้ระบบมีการประหยัดพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้ดีขึ้นในการทำวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำหลักการดังกล่าวมาศึกษา เพื่อหาความเป็นไปได้ในการทำงานของระบบ โดยระบบที่ถูกเลือกนำมาศึกษาในครั้งนี้ได้แก่ ระบบการทำความเย็นด้วยน้ำเย็นหมุนเวียนภายในอาคาร วิทยบริการ ซึ่งเป็นที่ตั้งของสำนักหอสมุดกลาง แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยจะทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบเดิมจากข้อมูลที่ได้จริงจากระบบ แล้วนำมาคำนวณหาการเดินเครื่องที่เหมาะสมโดยวิธีการสืบค้นแบบสุ่ม (Search Method) เพื่อที่จะทำให้ปริมาณการใช้ พลังงานของระบบประหยัดที่สุด

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

สมการที่ใช้กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีดังนี้

$$Q_{CH} = \dot{m}_c C_p (CHWTR - CHWTS)$$

$$Q_E = UA \text{ (LMTD)}$$

$$Q_R = \dot{m}_r \Delta h$$

$$Q_C = \dot{m}_h C_p (\text{LCDWT} - \text{ECDWT})$$

Q_{CH} = ความร้อนที่น้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาถ่ายเทให้กับสารทำความเย็น

Q_E = ความร้อนที่สารทำความเย็นรับมาจากน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามา

Q_R = ความร้อนของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารทำความเย็น

Q_C = ความร้อนที่น้ำในคอนเดนเซอร์รับมาจากสารทำความเย็น

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

A = พื้นที่ของการถ่ายเทความร้อน

$\dot{m}_c$ = อัตราการไหลของน้ำเย็น

$\dot{m}_h$ = อัตราการไหลของน้ำร้อน

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลของสารทำความเย็น

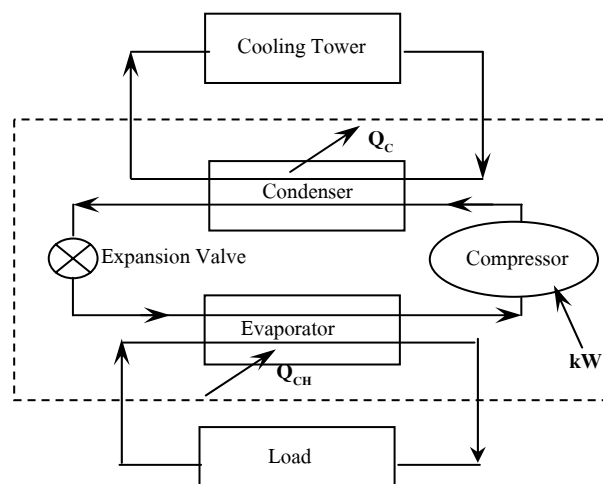
LMTD = LOG MEAN TEMPERATURE DIFFERENCE ($^{\circ}\text{C}$)

Δh = ผลต่างของเอนทัลปีของสารทำความเย็นในการเปลี่ยนสถานะ

สมดุลพลังงาน

ความสัมพันธ์ระหว่าง การถ่ายเทความร้อนภายในโอวาโปเรเตอร์ (Q_{CH}) และ คอนเดนเซอร์(Q_C) กับ กำลังงานที่ต้องใช้ในคอมเพรสเซอร์ (kW) ที่เกิดขึ้นภายในวัฏจักรการทำความเย็นดังรูปที่ 1 นั้นจะสามารถแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณทั้ง 3 ได้ดังนี้

$$Q_C = Q_{CH} + kW$$



รูปที่ 1 แสดงสมดุลพลังงานที่เกิดขึ้นในระบบการทำความเย็น

จากสมการด้านบน จะเห็นได้ว่า กำลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ นั้นจะขึ้นกับทั้ง Q_C และ Q_{CH} นอกจากนั้นกำลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ ยังสามารถที่จะแสดงสมการความสัมพันธ์ กับภาระการทำความเย็น (TON) และอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามายัง Condenser ของ เครื่องทำน้ำเย็น (E) ได้อีกด้วย [3]

ลักษณะของระบบที่ใช้ในการวิจัย

ระบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะประกอบด้วย Chiller เครื่องที่ 1 ชนิด Screw Water Chiller ขนาด 220 ตัน, Chiller เครื่องที่ 2 ชนิด Centrifugal Water Chiller ขนาด 200 ตัน, Cooling Tower, Chiller Water Pump, Cooling Tower Pump ปริมาณที่จะทำการตรวจวัดในการวิจัยครั้งนี้จะประกอบด้วย อุณหภูมิของน้ำเย็นที่จ่ายออกจาก Chiller (CHWTS), อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ไหลกลับเข้ามาใน Chiller (CHWTR), อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามายัง Condenser (ECDWT), อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลออกจาก Condenser (LCDWT), กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่อง (kW) สำหรับอัตราการไหล $\dot{m}_c$ และ $\dot{m}_h$ จะคงที่ตลอดการทำงาน

ประสิทธิภาพของระบบ

$$\text{ประสิทธิภาพของระบบ} = \eta_{\text{min}} = \frac{\sum_{i=1}^2 kW_i}{\sum_{i=1}^2 \text{TON}_i} = \eta_1 + \eta_2$$

$$\text{Chiller เครื่องที่ 1 : } \eta_1 = \left(\frac{kW_1}{\text{TON}_1} \right)$$

$$\text{Chiller เครื่องที่ 2 : } \eta_2 = \left(\frac{kW_2}{\text{TON}_2} \right)$$

โดยที่ kW จะมีความสัมพันธ์กับ TON และอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามายัง Condenser (E) ในรูปของฟังก์ชันพหุนาม ดังนี้

$$\text{Chiller เครื่องที่ 1 : } kW_1 = a_1 + a_2(\text{TON}_1) + a_3(E_1) + a_4(\text{TON}_1)^2$$

Chiller เครื่องที่ 2 :

$$kW_2 = b_1 + b_2(\text{TON}_2) + b_3(E_2) + b_4(\text{TON}_2)^2$$

TON : ภาระการทำความเย็นทั้งหมดที่ได้จากระบบ

E: อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามายัง Condenser (ECDWT)

ค่าคงที่ทั้งหมดในสมการสามารถหาได้ด้วยวิธี Least Square Method

เงื่อนไขของเครื่องแปรที่ใช้ในวิธีออปติไมส์เซชัน

ขอบเขตอุณหภูมิของน้ำเย็นและน้ำร้อนที่ใช้ในการวิจัย

$$7 \leq \text{CHWTS} \leq 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$2 \leq \text{CHWTR} - \text{CHWTS} \leq 7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$30 \leq \text{ECDWT} \leq 37 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$2 \leq \text{LCDWT} - \text{ECDWT} \leq 7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ภาระการทำความเย็น

$$\sum_{i=1}^2 \text{TON}_i = \text{TON}$$

$$0 < \text{TON}_1 \leq 220 \text{ tons}$$

$$0 < \text{TON}_2 \leq 200 \text{ tons}$$

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของทั้งระบบ

$$\sum_{i=1}^2 kW_i = kW$$

$$100 \leq kW_1 \leq 170 \text{ kW}$$

$$120 \leq kW_2 \leq 178 \text{ kW}$$

ร้อยละของการแบ่งภาระการทำความเย็นทั้งหมดของระบบ

$$\% \text{LOAD1} = 40\% + (0.25 * i) \quad ; \quad i = 1, 2, 3, \dots, 80 \quad (*)$$

$$\% \text{LOAD2} = (100 - \% \text{LOAD1})\% \quad (**)$$

%LOAD1 : ร้อยละของภาระการทำความเย็นทั้งหมดที่แบ่งให้กับเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 1

%LOAD2 : ร้อยละของภาระการทำความเย็นทั้งหมดที่แบ่งให้กับเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 2

การหาสภาพที่เหมาะสมของระบบ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งการทดสอบระบบออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) ทดสอบระบบเพื่อทำการหาสมการความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจริงระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้ กับ ภาระการทำความเย็น และ อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามายัง Condenser ของ เครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละเครื่อง ตามสภาพการใช้งานของเครื่องในปัจจุบัน

2) ทดสอบระบบเพื่อหาสภาพที่เหมาะสมของลำดับการเดินเครื่องทำน้ำเย็น ตามข้อมูลการเดินเครื่องที่เก็บได้จริงในช่วงเวลาทำการทดสอบ

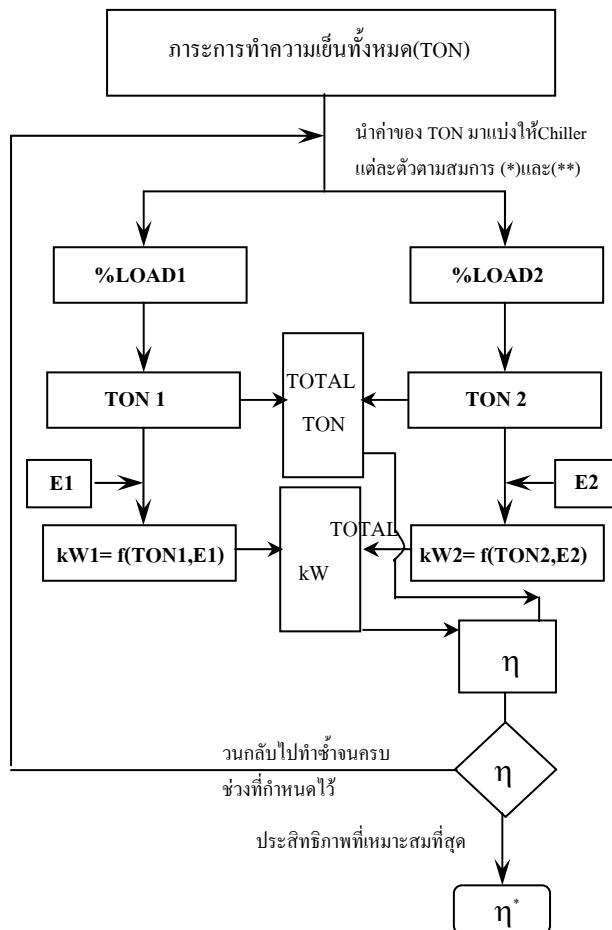
สำหรับการทดสอบระบบในขั้นแรกจะเริ่มต้นจากการเดินเครื่องทำน้ำเย็นทั้งสองเครื่อง และทำการวัดปริมาณต่างๆ ของเครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละเครื่อง โดยจะทำการตรวจวัดและคำนวณปริมาณต่างๆ ในทุกๆ 1 ชั่วโมงตั้งแต่เวลา 8:00 – 17:00 น. ของวันที่ 17 – 21 มี.ค. 2546 รวมเป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นจะได้นำข้อมูลต่างๆ ที่ตรวจวัดและคำนวณได้มาทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้ กับ ภาระการทำความเย็น และ อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ไหลกลับเข้ามายัง Condenser ของ เครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละเครื่อง ตามสภาพของเครื่องในปัจจุบัน เพื่อนำสมการที่หาได้นั้นไปใช้ในการทดสอบระบบในลักษณะที่ 2 ค่อยไป สำหรับการทดสอบระบบในขั้นที่ 2 นั้น จะเริ่มต้นเช่นเดียวกับการทดสอบในลักษณะที่ 1 แต่จะเพิ่มการคำนวณหาค่าของสภาพที่เหมาะสมที่สุดของระบบจากข้อมูลทั้งหมดที่ตรวจวัดและคำนวณได้ โดยใช้โปรแกรมย่อย [OPTIMIZATION] ที่ได้สร้างขึ้นไว้แล้ว หลังจากนั้นจะได้นำค่าที่ได้จากโปรแกรมไปทำการปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องของเครื่องทำน้ำเย็น แต่ละเครื่องในแต่ละชั่วโมง และหลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการปรับเปลี่ยนแล้ว สำหรับการทดสอบในขั้นที่ 2 นั้นจะทำการตรวจวัด, คำนวณปริมาณต่างๆ และปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องทำน้ำเย็น ในทุกๆ ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9:00 - 16:00 รวมวันละ 8 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 24 – 26 มี.ค. 2546 และเมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบในแต่ละวันแล้ว จะได้นำค่าของข้อมูลที่ได้อาจจากการตรวจวัดและคำนวณในวันดังกล่าว ไปรวมเพิ่มกับข้อมูลที่ได้อาจจากการทดสอบในลักษณะที่ 1 เพื่อที่จะทำการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆ ที่สนใจใหม่อีกครั้งเพื่อที่จะทำให้ได้สมการที่ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานของเครื่องในปัจจุบันมากที่สุด และจะได้นำสมการที่หาได้ใหม่นี้ไปใช้ในการทดสอบระบบในวันถัดไป

วิธีการปรับการเดินเครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละเครื่อง

ภายหลังจากที่ได้ทำการคำนวณร้อยละของการเดินเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่อง แล้วจะได้นำค่าดังกล่าวมาทำการปรับการเดินเครื่องของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่องดังต่อไปนี้ สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 1 การปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องจะทำได้โดยการ ตั้งค่าของ

กระแสไฟฟ้าที่ใช้ภายในเครื่อง สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 2 นั้น การปรับเปลี่ยนการเดินเครื่องจะทำให้ได้ง่ายกว่าเครื่องแรก กล่าวคือ เมื่อทำการคำนวณค่าของร้อยละของการเดินเครื่องเครื่องที่ 2 ได้แล้วก็จะนำค่าดังกล่าวไปปรับ โดยการหมุนปุ่มที่ควบคุมร้อยละของการเดินเครื่องที่ตั้งอยู่ที่แผงควบคุมการทำงานของเครื่องให้ได้ค่าตามที่ต้องการ

สำหรับรายละเอียดของขั้นตอนในการหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบด้วยการสืบค้นแบบสุ่มค่า (Search Method) นั้นได้จัดทำเป็นแผนภาพไว้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบ

ผลการทดลอง

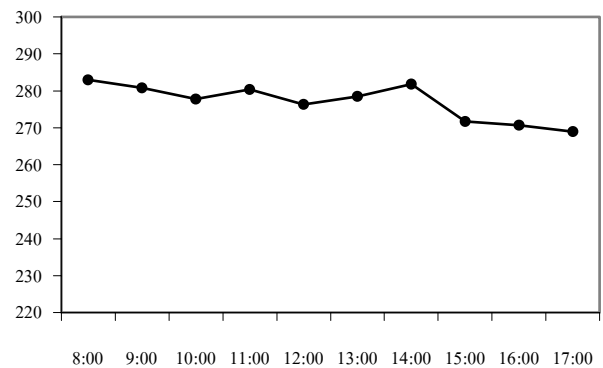
การทำการวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1.การวิเคราะห์หารูปแบบของภาระการทำความเย็นและการใช้กำลังไฟฟ้า

สำหรับการเดินเครื่องในสภาพปกติ นั้น เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 1 จะถูกตั้งค่าของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมการเดินเครื่องอยู่ที่ประมาณ 110 แอมแปร์ตลอดช่วงของการทำงาน และจากการคำนวณจะพบว่า เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 1 จะรับภาระการทำความเย็นคิดเป็นร้อยละ 45 ของภาระการทำความเย็นทั้งหมดของระบบ ในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 2 นั้นการควบคุมการเดินเครื่องจะทำให้ได้โดยการหมุนปรับปุ่มร้อยละของการเดินเครื่อง ซึ่งในการเดินเครื่องปกติ นั้น จะแบ่งการปรับเป็น 2 ช่วง ดังนี้คือ ช่วงก่อน 8.00 น. จะปรับให้เครื่องเดินที่ 80%

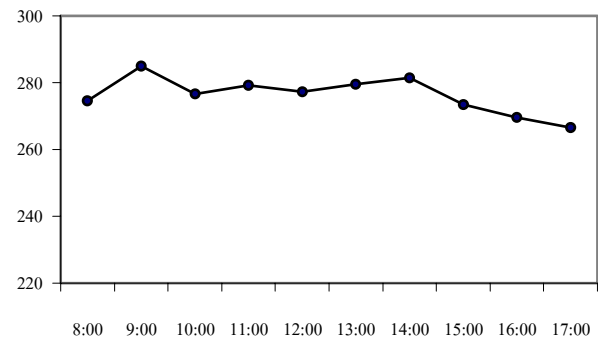
และช่วงหลัง 8.00 น. เป็นต้นไปจะปรับเป็นร้อยละ 90 หรือ 100 % แล้วแต่สภาพของอุณหภูมิในแต่ละวัน และจากการคำนวณ จะพบว่า เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 2 จะรับภาระการทำความเย็นประมาณร้อยละ 55 ของภาระการทำความเย็นทั้งหมดของระบบ และจากข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัด ก่อนการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์จะพบว่า รูปแบบของภาระการทำความเย็นและการใช้กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยจะมีลักษณะดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ

ตัน



รูปที่ 3 แสดงภาระการทำความเย็นโดยเฉลี่ยของระบบ

กิโลวัตต์



รูปที่ 4 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ใช้โดยเฉลี่ยของระบบ

2. การหาสมการความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้า

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการสร้างโปรแกรม [GAUSSIAN] เพื่อทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์โดยวิธีลีสต์สแควร์ (Least Square Method) ระหว่าง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ กับ ภาระการทำความเย็น (TON) และ อุณหภูมิของน้ำร้อน(E) ที่ไหลกลับเข้ามายังคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำความเย็น ในแต่ละเครื่อง โดยใช้ข้อมูล ที่ได้ทำการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แทนค่าลงใน โปรแกรม [GAUSSIAN] สำหรับเครื่องทำความเย็นเครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 2 ได้ดังสมการ

$$kW_1 = -322.38 + 6.05(TON_1) + 0.398(E_1) - 0.0214(TON_1)^2; R^2=0.44$$

$$kW_2 = 108.4 - 0.98(TON_2) + 0.996(E_2) + 0.0068(TON_2)^2; R^2=0.55$$

3. การวิเคราะห์หาสภาพการเดินเครื่องที่เหมาะสม

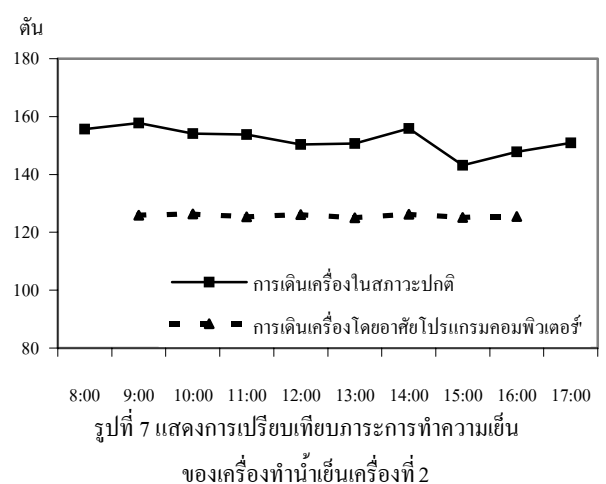
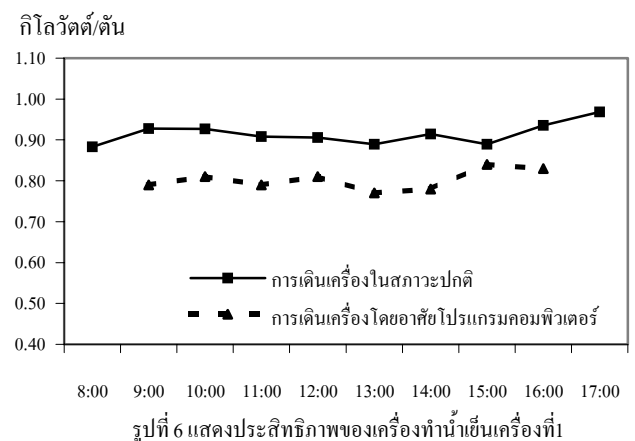
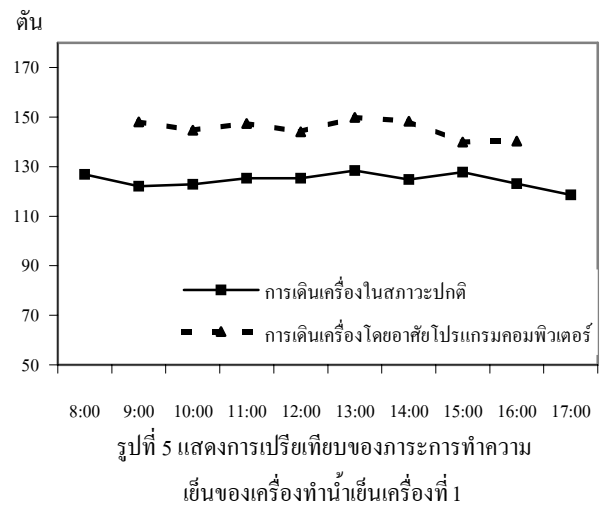
จากการทดลองการเดินเครื่องโดยอาศัยโปรแกรม เข้ามาช่วย ในการควบคุมการทำงาน สำหรับกราฟในรูปที่ 5 และ 6 จะแสดงถึง ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 1 และจะพบว่าโปรแกรมจะ ทำการคำนวณเพื่อแบ่งภาระการทำความเย็นของระบบให้กับเครื่องทำน้ำ เย็นเครื่องที่ 1 มากขึ้นโดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 16.3% แต่ผลของภาระใน การทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นนี้ จะส่งผลกระทบต่อการใช้กำลังไฟฟ้าโดย เฉลี่ยในเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 1 เพิ่มขึ้นอีกเพียง 2.3% ซึ่งจะทำให้ kW/TON โดยเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 1 จะมีค่าลดลงได้

สำหรับกราฟในรูปที่ 7 และ 8 จะแสดงถึงผลลัพธ์ที่เกิด ขึ้นกับเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 2 และจะพบว่าโปรแกรมจะทำการคำนวณ เพื่อแบ่งภาระการทำความเย็นของระบบให้กับเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 2 น้อยลงโดยเฉลี่ยแล้วจะลดลงประมาณ 14.4% เมื่อเปรียบเทียบการ เดินเครื่องในสภาวะปกติ แต่ผลของภาระในการทำความเย็นที่ลดลงนี้ จะ ส่งผลกระทบต่อการใช้กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยในเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 2 ลดลงไปถึง 23.2% ซึ่งจะส่งผลให้ค่าของ kW/TON โดยเฉลี่ยของเครื่อง ทำน้ำเย็นเครื่อง ที่ 2 มีค่าลดลงได้ สำหรับกราฟในรูปที่ 9 จะแสดงถึง ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับทั้งระบบ จะพบว่าการเดินเครื่องโดยอาศัยโปรแกรม คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยนั้นจะส่งผลทำให้แนวโน้มของค่า kW/TON ของ ทั้งระบบลดลงเช่นเดียวกัน

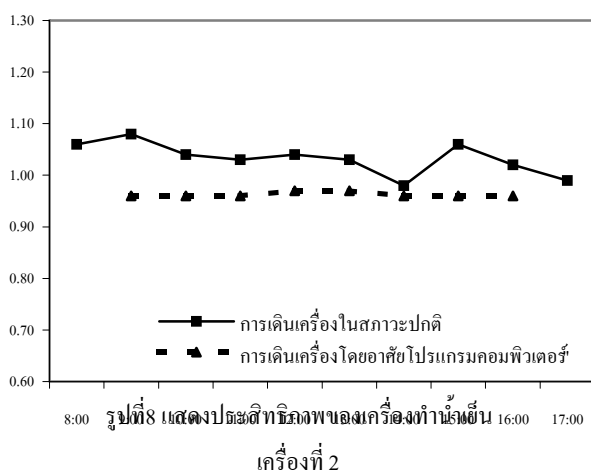
สรุป

จากการทดลองจะพบว่าเมื่อนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยใน การเดินเครื่องนั้น โปรแกรมจะทำการแบ่งภาระการทำความเย็นของทั้ง ระบบให้กับเครื่องทำน้ำเย็นทั้งสองเครื่องในรูปแบบใหม่ โดยแบ่งให้กับ เครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพดีกว่ามากขึ้น และจะทำการแบ่งภาระ การทำความเย็นให้ตกอยู่กับเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพด้อย กว่า ลดต่ำลง ซึ่งจากผลการทดลองแบ่งภาระการทำความเย็นดังกล่าว จะ พบว่าการเดินเครื่องโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยนั้นจะทำให้ ค่า kW/TON ของเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องทั้ง 2 เครื่องมีแนวโน้มลดลง และ เมื่อพิจารณาทั้งระบบก็จะพบว่า การเดินเครื่องโดยอาศัยโปรแกรม คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยนั้นจะส่งผลทำให้แนวโน้มของค่า kW/TON ของ ระบบลดลงเช่นเดียวกัน

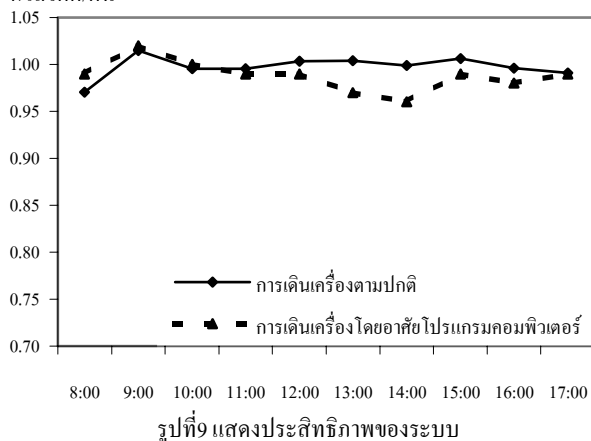
โดยที่ $R^2 =$ สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ



กิโลวัตต์/ตัน



กิโลวัตต์/ตัน



เอกสารอ้างอิง

1. สุรัชย์ ระคะนะอาพร.การใช้ระบบทำความเย็นและหม้อน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อการประหยัดพลังงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2529.
2. Noppadon Muangkroot. An energy consumption model for the AIT Chiller Plant/Air-Conditions System. Master's Thesis, Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Asian Institute of Technology,1980.
3. Stephen B. Austin,P.E.. Chiller water system optimization. ASHRAE Journal 35 (July 1993) : 50-56.
4. Stoecker W.F. Design of Thermal Systems,3rd ed.. New York : McGraw-Hill, 1989.
5. Stoecker W.F. Principals for Air Conditioning Practice. New York : Industrial Press, 1968.
6. มนัส แป้งใส. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2540.
7. Rosenbrock,H.H.. An automated method for finding the greatest or least value of a function. Computer Journal 3 (1960) : 175-184.
8. Box M.J. A new method of constrained optimization and comparison with other methods . Computer Journal 8 (1965) : 42-52.