การประหยัดพลังงาน ของเครื่องทำน้ำเย็น โดยใช้ เครื่องล้างท่ออัตโนมัติ

Energy Saving for Chiller by Using Automatic Ball Cleaning System

● วิทยา ยงเจริญ และ จีรศักดิ์ เมฆอัมพรพงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

โทร. 0-22186610 โทรสาร 0-22522889 E-mail: fmewyc@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารขนาดใหญ่จะเป็นเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งเมื่อเกิดตะกรันมาเกาะที่ผิวภายในของท่อคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงจึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องล้างท่ออัตโนมัติโดยใช้ลูกบอลฟองน้ำสำหรับเครื่องทำน้ำเย็น วิเคราะห์เปรียบเทียบการประหยัดพลังงานและการลงทุนระหว่าง วิธีใช้ลูกบอลฟองน้ำล้างท่อกับวิธีใช้แปรงลวดขัดตะกรันออกซึ่งเป็นวิธีปกติในวิธีใช้ลูกบอลล้างท่อ ลูกบอลจะถูกปล่อยเข้าไปในท่อคอนเดนเซอร์เพื่อขัดผิวท่อไม่ให้ตะกรันเกาะจับจึงทำให้เครื่องทำน้ำเย็นมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงตลอดเวลา ลูกบอลที่ใช้มีปริมาณ 30% ของจำนวนท่อน้ำไหลเข้าในคอนเดนเซอร์ ในหนึ่งรอบการทำงาน 1 ชั่วโมง จะประกอบด้วยเวลาปล่อยลูกบอลเข้าท่อ 2 นาที เก็บลูกบอลกลับเข้าถังเก็บ 3 นาที และพักอีก 55 นาที ใน 1 วันเครื่องล้างท่อจะทำงาน 8 -10 รอบ

การเก็บข้อมูล อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหลและ พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นจะเก็บก่อนการใช้เครื่องล้างท่ออัตโนมัติ 4 เดือน และหลังการใช้อีก 4 เดือนจากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหา พลังงานความเย็น ประสิทธิภาพการทำงานและอุณหภูมิเข้าใกล้ จากการวิเคราะห์ พบว่าที่ภาระทำความเย็นเท่ากัน อุณหภูมิเข้าใกล้ใช้เป็นดัชนีบอกสภาพของตะกรันได้ เครื่องทำน้ำเย็นประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 8.1% และมีเวลาคุ้มทุนภายใน 6.8 ปี 2.2 ปีและ 1.8 ปี สำหรับภาระทำความเย็น 150 500 และ 900 ตัน ตามลำดับ

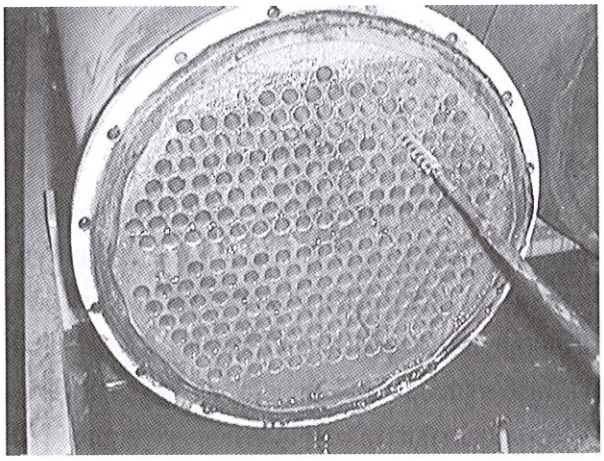
Abstract

In highrise buildings the Airconditioner is a water chiller.When the scale is deposited on the wall of condenser tube, the chiller efficiency is decreased and thus it consumes more energy. The purpose of this research is to study the performance of the automatic tube cleaning machine using Ball Technic for chillers.Also the energy saving and budgeting is also analyzed and compared between using ball cleaning technic and conventional brush cleaning technic. In ball cleaning technic, balls are injected at hourly interval into condenser pipe and passed through the condenser tubes.As the balls pass through the tubes they wipe off all scale, thereby keeping the condenser free from scale all time. The amount of ball used is 30%of the number of condenser tubes that the water flow in.The cycle time consists of ball injecting time 2 minutes, ball collecting time 3 minutes, and dwelling time 55 minutes. The automatic tube cleaning machine usually works 8-10 cycles for a day.

Temperatures, pressures, flowrates, and the electric energy of chiller were measured during the period of 4 months for both before and after the installation of an automatic tube cleaning machine. Cooling load, chiller efficiency, and approach temperature are calculated. From the analysis, the approach temperature is used as an fouling index.The energy saving is 8.1 % and the pay back period are 6.8, 2.2, and 1.8 years for cooling load 150, 500, and 900 refrigeration ton respectively.

บทนำ

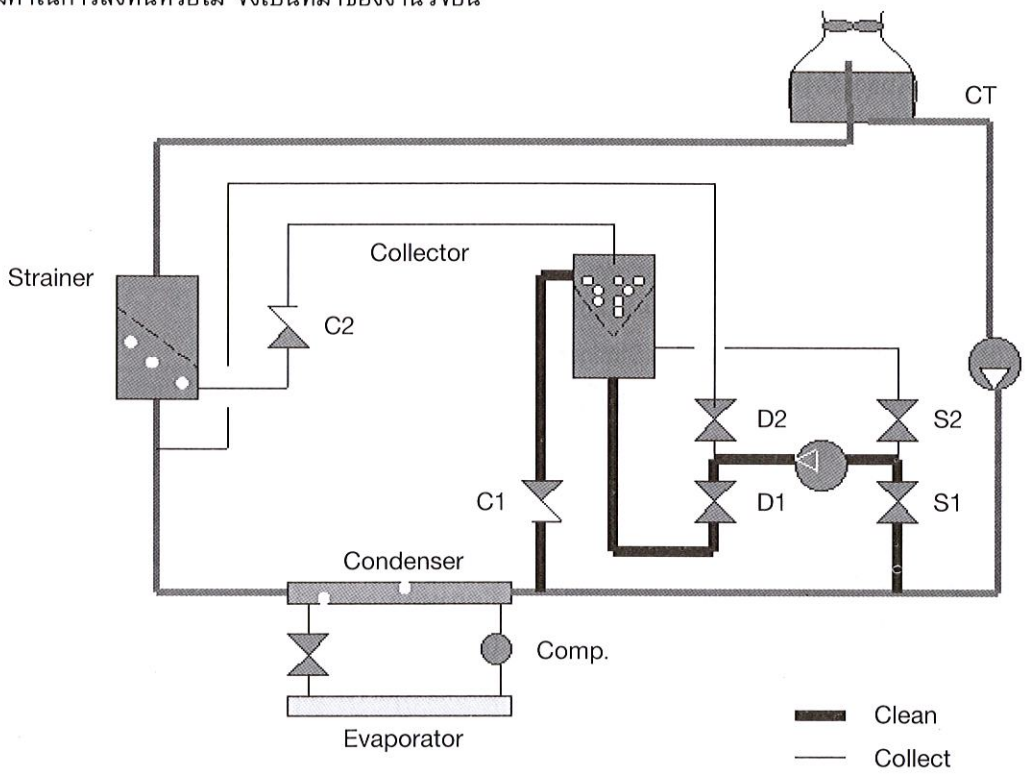
เครื่องปรับอากาศถือว่าเป็นส่วนสำคัญในภูมิอากาศร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าถึง 23% สำหรับบ้านอยู่อาศัย และใช้พลังงานไฟฟ้า 68% สำหรับภาคธุรกิจ ปัจจุบัน อาคารควบคุมตาม พรบ. อนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีจำนวนประมาณ 1,500 อาคาร และโรงงานควบคุมจำนวน 3,000 โรงงาน เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารขนาดใหญ่นี้จะเป็นเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งจะใช้ไฟฟ้าประมาณ 0.7 kw/Ton ถ้าเป็นเครื่องขนาด 500 Ton ก็จะใช้ไฟฟ้าถึง 350 kw ประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นนี้ จะลดลงไปเรื่อยๆ เมื่อเกิดตะกรันมาเกาะที่ผิวภายในของท่อคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น การบำรุงรักษาโดยวิธีปกติ จะปล่อยให้มีตะกรันเกิดขึ้นจนถึงความหนาของตะกรันที่ยอมรับไม่ได้ เพราะจะทำให้ขีดความสามารถทำความเย็นลดลงและมีประสิทธิภาพการใช้งานที่ต่ำ ก็จะหยุดเครื่องทำน้ำเย็น แล้วใช้สารเคมีทำให้ตะกรันอ่อนตัวจากนั้นใช้แปรงลวดขัดตะกรันออก ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 *การล้างท่อคอนเดนเซอร์โดยใช้แปรงขัด*

ปัจจุบันได้มีบริษัทผลิตเครื่องล้างท่ออัตโนมัติโดยใช้ลูกบอลฟองน้ำปล่อยเข้าไปในท่อเพื่อขัดผิวท่อไม่ให้ตะกรันเกาะจับจึงทำให้เครื่องทำน้ำเย็นมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงตลอดเวลา เป็นการประหยัดพลังงานได้ถึง 5-20% แต่การติดตั้งเครื่องล้างท่ออัตโนมัติแบบลูกบอลนี้ยังไม่นิยมใช้กันเนื่องจากผู้ใช้ยังไม่มั่นใจในการประหยัดพลังงาน ถึงแม้จะมีการติดตั้งใช้งานไปบ้างแล้ว แต่ยังไม่มีรายงานการใช้งานเชิงวิชาการเผยแพร่แก่เจ้าของอาคารและโรงงาน ประกอบ

กับการใช้ลูกบอลล้างท่อในอดีตใช้กับเครื่องถ่ายเทความร้อนหรือเครื่องทำน้ำเย็นชนิดผิวท่อเรียบ แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนามาใช้ท่อเกลียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานจึงยังไม่มั่นใจว่าลูกบอลจะสามารถล้างท่อเกลียวได้ผลประหยัดพลังงานในขณะใช้งานในสภาวะจริงจะได้เท่าใด? และจะคุ้มค่าในการลงทนหรือไม่ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้



รูปที่ 2 *ระบบล้างท่ออัตโนมัติโดยใช้ลูกบอล*

วิธีการดำเนินงาน

(1) ทำการตรวจวัดการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องล้างท่ออัตโนมัติ ก่อนและหลังการติดตั้งเครื่องล้างท่ออัตโนมัติที่อาคารวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง ก่อนการติดตั้งเป็นระยะเวลา 4 เดือน และหลังติดตั้งเป็นระยะเวลา 4 เดือน ในช่วงเวลาทำงานจากเวลา 8:00 ถึง 18:00 น ของทุกวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ก่อนเก็บข้อมูลในแต่ละช่วงจะทำความสะอาดท่อคอนเดนเซอร์ก่อน ข้อมูลที่ตรวจวัดมีดังนี้ อุณหภูมิน้ำเย็น เข้า/ออก อุณหภูมิน้ำร้อน เข้า/ออก อัตราการไหลน้ำเย็น/น้ำร้อน ความดันน้ำยาที่คอนเดนเซอร์ กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า คุณภาพของน้ำป้อน จำนวนครั้งในการล้าง จำนวนลูกบอลที่ใช้และการสึกหรอของลูกบอล

(2) นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่า ความสามารถในการนำความเย็น ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น พลังงานไฟฟ้า และอุณหภูมิเข้าใกล้ ดังนี้

1. ความสามารถทำความเย็น , q (kw)

   $q = m^{\circ} C_P (T_{E1} - T_{E2})/1000$

2. ประสิทธิภาพการทำความเย็น , EER

   $EER = q/p\ f(T_{E1}, T_{C1}, t, n, Parameters)$

   หรือ $p/q = Kw/Ton$

3. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ , E (kw-hr)

   $E = \int_{0}^{t} pdt$

4. อุณหภูมิเข้าใกล้ , T_{op}

   T_{op} = อุณหภูมิน้ำยาอิ่มตัว - อุณหภูมิน้ำออก

เมื่อ m° = อัตราการไหลของน้ำเย็น , Kg/s

T_{E1} = อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าอีวาพอเรเตอร์ , °C

T_{TE2} = อุณหภูมิน้ำเย็นออกจากอีวาพอเรเตอร์ , °C

T_{C1} = อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าคอนเดนเซอร์ , °C

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ , KJ/Kg-°C

P = กำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ใช้ , Kw

t = เวลา , วินาที

n = จำนวณครั้งในการล้างท่อคอนเดนเซอร์

(3) นำผลที่ได้มาวิเคราะห์การประหยัดพลังงานและผลตอบแทนทางด้านการเงินสำหรับระบบล้างท่ออัตโนมัติโดยใช้ลูกบอล

ระบบนี้แสดงในรูปที่ 2 ประกอบด้วย ลูกบอลฟองน้ำ ถังเก็บลูกบอล (Ball Collector) ท่อดักลูกบอล (Ball Strainer) วาล์วทางเดียว (Check Valve) C1 และ C2 มอเตอร์ไร้ด์วาล์ว (Motorized Valve) S1, S2, D1, และ D2 ชุดเครื่องสูบน้ำและชุดควบคุม การทำงานในหนึ่งรอบมีสองจังหวะ คือ จังหวะส่งลูกบอลเข้าท่อและจังหวะดูดลูกบอลจากท่อดักลูกบอลมาเก็บในถังเก็บลูกบอล

จังหวะส่งลูกบอลเริ่มจากปิดวาล์ว S2 และ D2 แล้วเปิดวาล์ว S1 และ D1 เครื่องสูบน้ำดูดน้ำจากท่อคอนเดนเซอร์ขาเข้าคอนเดนเซอร์ผ่านวาล์ว S1 ส่งผ่านวาล์ว D1 ไปดันลูกบอลในถังเก็บให้ ผ่านวาล์วทางเดียว C1 ส่งลูกบอลกลับเข้าท่อคอนเดนเซอร์ ลูกบอลจะเข้าไปขัดท่อคอนเดนเซอร์แล้วออกไปติดที่ท่อดักลูกบอล จังหวะนี้จะใช้เวลาประมาณ 2 นาทีเพื่อให้ลูกบอลทั้งหมดไปอยู่ที่ท่อดัก

จังหวะดูดลูกบอลมาเก็บ เริ่มจากปิดวาล์ว S1 และ D1 แล้วเปิดวาล์ว S2 และ D2 เครื่องสูบน้ำดูดน้ำและลูกบอลจากท่อดักลูกบอลผ่านวาล์วทางเดียว C2 มาที่ถังเก็บ ลูกบอลจะค้างอยู่ที่ถังเก็บ ส่วนน้ำจะไหลผ่านวาล์ว S2 เข้าเครื่องสูบน้ำแล้วส่งออกผ่านวาล์ว D2 ไปเข้าท่อคอนเดนเซอร์ที่ตำแหน่งก่อนเข้าท่อดักลูกบอล

ลูกบอลที่ใช้จะมีปริมาณ 30% ของจำนวณรูท่อของคอนเดนเซอร์ที่น้ำไหลเข้าในหนึ่งรอบการล้าง โอกาสที่ลูกบอลจะเข้าแต่ละท่อนั้นไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของน้ำ ขนาดและรูปร่างของช่องว่างของเฮดเดอร์ในท่อคอนเดนเซอร์ ดังนั้นเพื่อให้ลูกบอลสามารถเข้าทุกท่อจึงต้องมีรอบการทำงานมากกว่า 4 ครั้งต่อการขัด 1 ครั้ง โดยทั่วไปอาจใช้ชั่วโมงละหนึ่งรอบหรือวันละ8-10 รอบสำหรับกรณีที่น้ำหล่อเย็นมีความกระด้างไม่มาก

เครื่องล้างท่ออัตโนมัติโดยใช้ลูกบอลระบบTACเป็นของบริษัท CI TEXMAC (THAILAND) Co., Ltd. ระบบ TAC ประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 1.5 kw กระบอกเก็บลูกบอล กระบอกรับลูกบอล ลูกบอลฟองน้ำ ขนาด 16 มม. และตัวควบคุมการทำงาน (Programable Logic Controller) ระบบจะทำงานโดย เครื่องสูบน้ำส่งลูกบอลฟองน้ำเข้าไปในท่อคอนเดนเซอร์เพื่อขัดตะกรันเป็นเวลา 2 นาที ลูกบอลเมื่อออกจากท่อคอนเดนเซอร์จะไปค้างอยู่ที่กระบอกรับลูกบอล หลังจากนั้นจะถูกเครื่องสูบน้ำดูดกลับมาเก็บไว้ที่กระบอกเก็บลูกบอล โดยใช้เวลา 3 นาทีจึงครบวัฏจักรการทำงาน 1 รอบ ทุกๆ 1 ชม. ก็เริ่มวัฏจักรใหม่ตลอดการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น ลูกบอลที่ใช้ทั้งหมดมีจำนวณ 40 ลูก

ผลการวิจัย

คุณภาพน้ำอ่อน

คุณภาพน้ำอ่อนที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นที่อาคารสถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในระหว่างเก็บข้อมูลแสดงตามตารางที่ 1 โดยมีความกระด้างต่ำและมีสภาพเป็นกลาง เมื่อเติมน้ำอ่อนเข้าไปในระบบท่อคอนเดนเซอร์และหอผึ่งลม การระบายความร้อนโดยการระเหยน้ำที่หอผึ่งลมจึงทำให้น้ำในระบบคอนเดนเซอร์มีความกระด้างเพิ่มขึ้นและมีโอกาสเกิดเป็นตะกรันเกาะที่ท่อคอนเดนเซอร์เพิ่มขึ้น จากตารางจะมีค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 120-418 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้น้ำยังมีสภาพเป็นด่างเพื่อป้องกันการเกิดสนิมที่ท่อน้ำอีกด้วย

คุณภาพน้ำที่ใช้

คุณภาพน้ำอ่อนและน้ำหล่อเย็นมีคุณภาพอยู่ในระดับค่อนข้างดีดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 *คุณภาพน้ำอ่อนและน้ำหล่อเย็น*

ก. คุณภาพน้ำอ่อน

วันที่	สิงหาคม 2546	กันยายน 2546	ตุลาคม 2546	มกราคม 2547
ความเป็นกรดด่าง, PH	7.3	7.28	7.41	7.88
การนำไฟฟ้า, mS	0.285	0.239	0.178	0.313
ความกระด้าง (mg/L $CaCO_3$)	80	64	Nil	Nil
(mg/L SO_4)	55	36	27	-

ข. คุณภาพน้ำหล่อเย็น

วันที่	สิงหาคม 2546	กันยายน 2546	ตุลาคม 2546	มกราคม 2547
ความเป็นกรดด่าง, PH	8.9	9	8.6	7.92
การนำไฟฟ้า, mS	3.71	3.41	0.804	1.588
ความกระด้าง (mg/L $CaCO_3$)	120	418	130	50
(mg/L SO_4)	275	250	117	-

ผลวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพการทำงานและการเกิดตะกรันในคอนเดนเซอร์

ก. กรณีไม่ใช้เครื่องล้างท่อ

ผลวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพการทำงานและการเกิดตะกรันในคอนเดนเซอร์แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งได้คัดเลือกจากข้อมูลรายชั่วโมงที่มีภาระทำความเย็น อุณหภูมิน้ำเข้าอีวาพอเรเตอร์ และอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ใกล้เคียงกัน จากตารางจะเห็นว่าเครื่องทำน้ำเย็นจะใช้กำลังไฟฟ้า ต่อตันเริ่มต้นต่ำที่ 1.00 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงเดือนสุดท้ายเป็น 1.08 ซึ่งสอดคล้องกับค่า อุณหภูมิเข้าใกล้ที่มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.2 เป็น 1.9 องศาฟาเร็นไฮท์ แสดงว่าตะกรันในท่อคอนเดนเซอร์ที่เพิ่มขึ้นทำให้เครื่องทำน้ำเย็นต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 *การใช้พลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพการทำงานและการเกิดตะกรันในคอนเดนเซอร์เมื่อไม่ใช้เครื่องล้างท่อ*

Date/ Time M/D/Y	Capacity Ton	Power Kw	Efficiency Kw/Ton	Approach °C
6/17/2003	142	142.2	1.00	0.2
7/8/2003	143	139.7	0.98	0.6
8/3/2003	138	136.2	0.99	0.9
8/21/2003	137	138.0	1.01	1.3
9/25/2003	133	142.0	1.07	1.9
10/9/2003	133	143.4	1.08	1.9
Mean	**138**	**140**	**1.02**	**1.1**

การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น เฉลี่ยเป็นรายวันในแต่ละเดือนแสดงในตารางที่ 3 ข้อมูลรายวันจะมีสภาวะอุณหภูมิน้ำเข้าอีวาพอเรเตอร์ และอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามการใช้งานจริง จากตารางจะเห็นว่า ในการใช้งาน 1 วันหรือ 10 ชั่วโมงต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1,395 หน่วยในการทำความเย็น ได้พลังงานความเย็น 1,408 ตันชั่วโมงและมีประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากับ 0.99 กิโลวัตต์ต่อตันและมีค่ากิโลวัตต์ต่อตันเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.015 กิโลวัตต์ต่อตันต่อเดือน

ตารางที่ 3 *การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นและประสิทธิภาพการทำงานเมื่อไม่ใช้เครื่องล้างท่อ*

Month	Energy Consumption KwHr	Cooling Energy TonHr	Efficiency Kw/Ton
June	1,407	1,405	1.00
July	1,410	1,642	0.86
August	1,389	1,394	1.00
August	1,376	1,359	1.01
September	1,395	1,331	1.05
October	1,395	1,319	1.06
Mean	**1,395**	**1,408**	**0.99**

ข. กรณีเมื่อใช้เครื่องล้างท่ออัตโนมัติ

ในตารางที่ 4 เครื่องทำน้ำเย็นจะใช้กำลังไฟฟ้าต่อตันเริ่มต้นต่ำที่ 1.0 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงเดือนสุดท้ายเป็น 0.97 ซึ่งสอดคล้องกับค่าอุณหภูมิเข้าใกล้ที่มีค่าค่อนข้างคงที่ แสดงว่าตะกรันในท่อคอนเดนเซอร์ ไม่เพิ่มขึ้นทำให้เครื่องทำน้ำเย็นไม่ต้องใช้กำลังพลังงานเพิ่มขึ้น การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น เฉลี่ยเป็นรายวันในแต่ละเดือนแสดงในตารางที่ 5 จากตาราง จะเห็นว่า ในการใช้งาน 1 วันหรือ 10 ชั่วโมงต้องใช้พลังงานไฟฟ้า เฉลี่ย 1,488 หน่วยในการทำความเย็น ได้พลังงานความเย็น 1,591 ตันชั่วโมงและมีประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากับ 0.94 กิโลวัตต์ต่อตัน

ตารางที่ 4 *การใช้พลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพการทำงานและการเกิดตะกรันในคอนเดนซ์เมื่อใช้เครื่องล้างท่อ*

Date M/D/Y	Capacity Ton	Power Kw	Efficiency Kw/Ton	Approach °C
12/11/2003	142	148.0	1.05	0.5
1/20/2004	147	148.4	1.01	0.4
2/14/2004	148	152.9	1.03	0.5
3/10/2004	153	148.5	0.97	0.9
Mean	**148**	**150**	**1.01**	**0.6**

ตารางที่ 5 *การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นและประสิทธิภาพการทำงานเมื่อใช้เครื่องล้างท่อ*

Month	Energy Consumption KwHr	Cooling Energy TonHr	Efficiency Kw/Ton
December	1,486	1,678	0.89
January	1,486	1,678	0.89
February	1,492	1,475	1.01
March	1,487	1,532	0.97
Mean	**1,488**	**1,591**	**0.94**

การวิเคราะห์การประหยัดพลังงานและการวิเคราะห์ทางการเงิน

การวิเคราะห์การประหยัดพลังงานขึ้นอยู่กับขนาดเครื่องทำความเย็น การต่อระบบเครื่องล้างท่อ กับระบบเครื่องทำความเย็น และลักษณะการใช้งาน ในงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ใน 3 กรณีคือ (1) เครื่องล้างท่อ 1 ชุดต่อกับเครื่องทำความเย็น 1 ชุดขนาดทำความเย็น 150 ตันซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการวิจัยนี้ (2) เครื่องล้างท่อ 1ชุดต่อกับเครื่องทำความเย็น 1 ชุดขนาดทำความเย็น 500 ตัน (3) เครื่องล้างท่อ 1ชุดต่อกับเครื่องทำความเย็น 3 ชุดขนาดทำความเย็น 300 ตัน

การวิเคราะห์ทางการเงินจะช่วยในการตัดสินใจว่าควรหรือไม่ควรที่จะลงทุนในการเปลี่ยนการล้างท่อคอนเดนเซอร์จากระบบเดิมที่ใช้แปรงขัดมาเป็นระบบใหม่ที่ใช้เครื่องล้างท่ออัตโนมัติ ดัชนีที่ใช้ในการตัดสินใจที่นิยมใช้มีอยู่ 3 ตัว คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period : PBP) และ อัตราผลตอบแทนภายในด้านการเงิน (Internal Rate of Return : IRR)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นดัชนีที่บอกว่าในช่วงอายุการใช้งานเครื่องล้างท่ออัตโนมัติ ผลรวมของมูลค่าประหยัดพลังงานในแต่ละปีเมื่อแปลงมาเป็นมูลค่าปัจจุบันด้วยอัตราดอกเบี้ยมีค่ามากกว่าเงินลงทุนเป็นจำนวนเงินเท่าใดหรือมีกำไรเท่าใดซึ่งหาได้จากสูตร

$$NPV = Ao - As[(1+i)^n-1]/i(1+i)^n$$

เมื่อ Ao = เงินลงทุน

As = เงินที่ประหยัดพลังงานได้เท่ากันทุกปี

i = อัตราดอกเบี้ย

n = อายุการใช้งาน

ระยะเวลาคืนทุนเป็นดัชนีที่บอกว่าต้องใช้เวลานานเท่าใดที่ผลประหยัดพลังงานเท่ากับเงินลงทุน

อัตราผลตอบแทนภายในทางการเงินเป็นดัชนีที่บอกว่าในช่วงอายุการใช้งานเครื่องล้างท่ออัตโนมัติ ผลรวมของมูลค่าประหยัดพลังงานในแต่ละปีเมื่อแปลงมาเป็นมูลค่าปัจจุบันด้วยอัตราดอกเบี้ยเท่าใด? จึงจะมีค่าเท่ากับเงินลงทุน อัตราดอกเบี้ยนี้อาจนำไปเปรียบเทียบกับ อัตราดอกเบี้ยกับทางธนาคารได้

หลักการ เครื่องล้างท่อคอนเดนเซอร์อัตโนมัติโดยใช้ลูกบอลจะช่วยไม่ให้ตะกรันเกาะที่ท่อคอนเดนเซอร์ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นคงที่ตลอดการใช้งาน แต่ถ้าไม่ใช้เครื่องล้างท่อคอนเดนเซอร์อัตโนมัติโดยใช้ลูกบอลตะกรันจะเกาะที่ท่อคอนเดนเซอร์ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นลดลง

สมมุติฐาน การวิเคราะห์การประหยัดพลังงานและผลตอบแทนทางด้านการเงินของการใช้เครื่องล้างท่ออัตโนมัติมีสมมุติฐานดังนี้

1. เครื่องล้างท่ออัตโนมัติมีอายุการใช้งาน 15 ปี
2. การล้างท่อโดยใช้แปรงขัด 1 ครั้งต่อปี
3. ใช้สารเคมีในการทำน้ำอ่อนสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นและหอผึ่งน้ำ
4. อัตราดอกเบี้ย 7.5 %
5. อัตราค่าไฟฟ้าเพิ่ม 1 %
6. ค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย
7. ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อใช้เครื่องล้างท่ออัตโนมัติมีค่าคงที่เท่ากับ 0.94 กิโลวัตต์ต่อตัน (ค่าเฉลี่ยในตารางที่ 5) ตลอดทั้งปี
8. ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อไม่ใช้เครื่องล้างท่ออัตโนมัติมีค่าลดลงตามระยะเวลาแบบเส้นตรงหรือมีค่ากิโลวัตต์ต่อตัน เพิ่มขึ้นในอัตรา 0.015 กิโลวัตต์ต่อตันต่อเดือน
9. เวลาการใช้งาน 5 วันๆ ละ10 ชั่วโมงรวม 2,600 ชั่วโมงต่อปี

กรณีที่ 1 เครื่องล้างท่อ 1 ชุดต่อเครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุด มีภาระทำความเย็น 150 ตัน

การใช้พลังงาน

เครื่องทำน้ำเย็นมีภาระทำความเย็น 150 ตัน

ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อใช้เครื่องล้างท่ออัตโนมัติมีค่า 0.94 กิโลวัตต์ต่อตัน

ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อไม่ใช้เครื่องล้างท่ออัตโนมัติเฉลี่ยในเวลา 1 ปี มีค่า 1.03 กิโลวัตต์ต่อตัน

พลังงานไฟฟ้าเมื่อไม่ใช้เครื่องล้างท่ออัตโนมัติมีค่า425,100 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี

พลังงานไฟฟ้าเมื่อใช้เครื่องล้างท่ออัตโนมัติมีค่า 390,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี

พลังงานไฟฟ้าของระบบลูกบอลมีค่า 477 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 34,623 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี หรือ 8.1%

การวิเคราะห์การเงิน

ค่าอุปกรณ์รวมค่าติดตั้ง 577,800 บาท

ค่าลูกบอล 20 บาท/ลูก*40ลูก/ครั้ง*3ครั้ง/ปี 2,400 บาทต่อปี

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 103,870 บาทต่อปี

ค่าล้างท่อด้วยแปรงที่ประหยัดได้ 1 ครั้งต่อปี 10,000 บาท

ผลตอบแทนการลงทุน

มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ NPV 1,042,042 บาท

ระยะเวลาคืนทุน PBP 6.8 ปี

อัตราผลตอบแทนด้านการเงิน IRR 18.5 %

การเปรียบเทียบดัชนีการตัดสินใจสำหรับการลงทุนติดตั้งเครื่องล้างท่อทั้ง 3 กรณีแสดงในตารางที่ 6 จากตารางการติดตั้งเครื่องล้างท่อ 1 ชุดต่อเครื่องทำน้ำเย็น 3 ชุดมีภาระทำความเย็นเครื่องละ 300 ตันจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดโดยมีค่า NPV 6,079,217 บาท PBP 1.6 ปี และ IRR 70%

ตารางที่ 6 *การเปรียบเทียบดัชนีการตัดสินใจสำหรับการลงทุนติดตั้งเครื่องล้างท่อ 3 กรณี*

รายการ	หน่วย	เครื่องทำน้ำเย็น ขนาดทำความเย็น		
		150 ตัน	500 ตัน	900 ตัน
เงินลงทุน	บาท	577,800	687,800	942,000
ค่าลูกบอล	บาท	2,400	3,750	7,200
ประหยัดเงินค่าพลังงาน	บาท	104,325	350,025	628,875
ประหยัดเงินค่าล้างท่อ	บาท	10,000	15,000	30,000
ดัชนีการตัดสินใจ				
NPV	บาท	1,042,042	3,373,010	6,079,217
PBP	ปี	6.8	2.2	1.6
IRR	%	18.5	53.4	70.0

สรุป

การใช้เครื่องล้างท่อคอนเดนเซอร์แบบอัตโนมัติสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นจะช่วยป้องกันการเกิดตะกรันในท่อคอนเดนเซอร์ทำให้เครื่องทำน้ำเย็นมีประสิทธิภาพในการทำงานไม่ลดลงจึงช่วยประหยัดพลังงาน และจะมีระยะเวลาคืนทุนเร็วเมื่อใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นขนาดใหญ่และทำงานตลอดเวลา ในงานวิจันนี้ พบว่าที่ภาระทำความเย็นเท่ากัน อุณหภูมิเข้าใกล้ใช้เป็นดัชนีบอกสภาพของตะกรันได้และเครื่องทำน้ำเย็นประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 8.1 % มีเวลาคุ้มทุนภายใน 6.8 ปี 2.2 ปี และ 1.8 ปี สำหรับภาระทำความเย็น 150, 500 และ 900 ตัน ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้รับบริจาคเครื่องล้างท่ออัตโนมัติจากบริษัท CI TEXMAC (THAILAND) ได้รับความเอื่อเฟื้อให้ใช้สถานที่พร้อมเครื่องทำน้ำเย็นในการทำวิจัยจากสถาบันวิทยบริการ และการดำเนินการด้านการเงินจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

รายงานวิจัยเรื่องการศึกษาสมรรถนะเครื่องล้างท่ออัตโนมัติสำหรับเครื่องทำน้ำเย็น คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2547