

ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมและการตั้งเทอร์มอสแตตต่อการสิ้นเปลืองพลังงานของตู้ทำน้ำเย็น*

เจริญพร เลิศสถิตธนกร¹⁾ และ เวทีณี สุขมาก²⁾

¹⁾ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ. กันทรวิชัย จ. มหาสารคาม 44150

²⁾ รองศาสตราจารย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ. เมือง จ. มหาสารคาม 44000

Email: charoenporn.l@msu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอากาศแวดล้อมและการตั้งค่าเทอร์มอสแตตต่อการสิ้นเปลืองพลังงานของตู้ทำน้ำเย็น ตู้ทำน้ำเย็นขนาด 116 W ถูกนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการวิจัยซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมได้ โดยออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบจากตัวแปรเดี่ยว ซึ่งได้แก่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมและการตั้งค่าเทอร์มอสแตต และผลรวมจากตัวแปรทั้งสองที่มีต่อการสิ้นเปลืองพลังงานของตู้ทำน้ำเย็น ผลการทดลองที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางและสมการถดถอยเชิงซ้อน จากผลของการวิเคราะห์พบว่า การตั้งค่าเทอร์มอสแตตมีผลกระทบต่อการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าผลกระทบของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลยังแสดงให้เห็นว่าการลดอุณหภูมิน้ำลงหนึ่งองศาสำหรับตู้ทำน้ำเย็นที่ใช้ในการทดลอง จะทำให้การสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น 9.4%

คำสำคัญ : อุณหภูมิน้ำ; อุณหภูมิอากาศแวดล้อม; ตู้ทำน้ำเย็น

* รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2549 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 16 สิงหาคม 2549

Effects of ambient temperature and thermostat setting position on water cooler energy consumption^{*}

Charoenporn Lertsatitthanakorn¹⁾ and Vatinee Sukmak²⁾

¹⁾Asst. Prof., Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Khantarawichai, Mahasarakham 44150

²⁾Assoc. Prof., Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Muang, Mahasarakham 44000

Email: charoenporn.l@msu.ac.th

ABSTRACT

This research was aimed to studying the effects of ambient temperature and thermostat setting on energy consumption of a water cooler. A 116 – W water cooler was tested in a laboratory where the ambient air temperature could be controlled. The experiments were designed to individually investigate the effects of these two parameters and their combined effects on energy consumption of the water cooler. Experimental results were analyzed by using Two Ways Analysis of Variance and Multiple regression. It was found that thermostat setting has a greater effect on energy consumption than the ambient air temperature. Furthermore, it was discovered that, for this water cooler, energy consumption increases 9.4% for each degree reduction in water temperature.

Keywords : Water temperature; Ambient temperature; Water Cooler

^{*} Original manuscript submitted: May 4, 2006 and Final manuscript received: August 16, 2006

บทนำ

ประเทศไทยมีการใช้และการนำเข้าพลังงานเพิ่มขึ้นทุกปี จากการสำรวจการใช้พลังงานพบว่า ปริมาณพลังงานที่ใช้เชิงพาณิชย์ในปี พ.ศ. 2543 ประมาณ 50% ที่ต้องนำเข้า คิดเป็นพลังงานที่ต้องนำเข้าถึง 39.73 MTOE ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2542 ประมาณ 2% (Tanatvanit et al., 2003) การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์เกิดจาก 3 ภาค คือ ภาคการขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม และภาคที่พักอาศัย จากข้อมูลปี พ.ศ. 2543 พบว่าภาคการขนส่งมีการใช้พลังงานมากที่สุด คือ 18 MTOE หรือ 38.6 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานทั้งหมด ตามมาด้วยภาคอุตสาหกรรม 34.6% และภาคที่พักอาศัย 15.4% การใช้พลังงานในปริมาณที่มากขึ้นนี้ ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมอย่างมากมาย เช่นการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาเป็นผลโดยตรงจากการใช้ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นในโรงไฟฟ้าพลังความร้อน และการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลภายในประเทศ (จอมภพ และคณะ, 2547) ดังนั้นรัฐบาลจึงได้พยายามแก้ปัญหาการใช้พลังงาน วิธีหนึ่งที่ยอมรับคือ The demand side management (DSM) เริ่มแรกโครงการ DSM มีความมุ่งหมายที่จะลดการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม และภาคที่พักอาศัย โดยการรณรงค์ให้ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ตู้เย็น และเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น อย่างไรก็ตามโครงการส่งเสริมให้ใช้บัลลาสต์และมอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากต้นทุนของอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาสูง ปัจจุบันโครงการที่ประสบความสำเร็จคือ โครงการติดฉลากที่แสดงถึงประสิทธิภาพของตู้เย็น และเครื่องปรับอากาศ

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าประเทศมาเลเซียซึ่งเป็นประเทศที่มีพรมแดนติดกับประเทศไทย มีการใช้พลังงานในภาคที่พักอาศัยประมาณ 20% ของประเทศ ในขณะที่เศรษฐกิจกำลังตกต่ำ แต่การใช้พลังงานในภาคที่พักอาศัยกลับเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตู้เย็นเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีใช้กันมากในภาคที่พักอาศัย จากการสำรวจพบว่ามีการใช้ประมาณ 76% ของภาคที่พักอาศัยในประเทศมาเลเซีย ตู้เย็นเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นพฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานของตู้เย็นจึงเป็นเรื่องน่าศึกษาอย่างยิ่ง เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการประหยัดพลังงานหรือปรับปรุงประสิทธิภาพของตู้เย็น การประหยัดพลังงานมีหลายวิธี เช่นการส่งเสริมให้มีการใช้ตู้เย็นที่มีประสิทธิภาพสูง จากการศึกษาของ Mahlia et al. (2003) พบว่าหากมีการส่งเสริมให้มีการใช้ตู้เย็นประสิทธิภาพสูงในประเทศมาเลเซียในปี 2004 คาดว่าถึงปี 2013 จะสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 8,722 GWh นอกจากการส่งเสริมการใช้ตู้เย็นประสิทธิภาพสูงแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองพลังงานของตู้เย็นได้แก่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม การเปิดประตู การตั้งค่าของเทอร์มอสแตต และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ แต่ความชื้นสัมพัทธ์มีผลกระทบน้อยเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่น (Alissi, 1987) ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องคิดผลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม Saidur et al. (2002) ได้ทำการทดลองตู้เย็นที่มีขนาดความจุห้องแช่แข็ง 80 l และห้องแช่เย็นอาหารสด 220 l คอมเพรสเซอร์มีขนาด 160 W จากการทดลองโดยปรับเปลี่ยนปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานของตู้เย็น 3 ตัวแปร กล่าวคืออุณหภูมิอากาศแวดล้อม การเปิดประตู และการตั้งค่าของเทอร์มอสแตต พบว่าเมื่ออุณหภูมิ

อากาศแวดล้อมเพิ่มขึ้น 1°C จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 53 Wh ในการตั้งค่าของเทอร์มอสแตตพบว่า การสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น 7.8 % เมื่อลดอุณหภูมิของห้องแช่แข็งลง 1°C ในขณะที่การเปิดประตูเย็นในตำแหน่ง 90 องศา นาน 12 วินาที จะสิ้นเปลืองพลังงาน 12.4 Wh ต่อการเปิดหนึ่งครั้ง

จากงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นจะเห็นได้ว่ายังไม่มีการศึกษาการประหยัดพลังงานในตู้ทำน้ำเย็น ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีการทำงานคล้ายคลึงกับตู้เย็น อีกทั้งยังมีใช้ในภาคที่พักอาศัย และภาคอุตสาหกรรม จากการสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหาร สารเคมี น้ำตาล ปีโตรเคมี ในประเทศไทยพบว่ามีจำนวนทั้งสิ้นถึง 27,000 โรงงาน (Yodovard et al., 2001) ซึ่งเป็นเพียงส่วนหนึ่งของภาคอุตสาหกรรมเท่านั้น ยังไม่รวมไปถึงโรงพยาบาล หน่วยงานราชการและเอกชนต่างๆ อีกเป็นจำนวนมาก และในแต่ละสถานประกอบการมักจะมีตู้ทำน้ำเย็นมากกว่า 1 ตู้ ขึ้นอยู่กับจำนวนของพนักงานในแต่ละสถานประกอบการ นอกจากนั้นตู้ทำน้ำเย็นมักจะใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งมีลักษณะการทำงานเหมือนตู้เย็นคือมีการเสียบปลั๊กของเครื่องไว้ตลอดเวลา การตัดต่อการทำงานของเครื่องจึงขึ้นอยู่กับ การตั้งค่าเทอร์มอสแตต จากข้อมูลดังกล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่าตู้ทำน้ำเย็นเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีศักยภาพที่สมควรจะได้รับการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นการศึกษาค้างนี้จะทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบกับการสิ้นเปลืองพลังงานของตู้ทำน้ำเย็น 2 ตัวแปร คืออุณหภูมิอากาศแวดล้อม และการตั้งค่าของเทอร์มอสแตต ในส่วนของอุณหภูมิอากาศแวดล้อมจะทำการทดลองอุณหภูมิอากาศแวดล้อมที่ค่าต่างๆกันจำนวน 3 ค่า ส่วนการตั้งค่าของเทอร์มอสแตต จะทำการปรับตั้งเทอร์มอสแตตจำนวน 6 ค่า

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้จะใช้ตู้ทำน้ำเย็นที่มีขายในท้องตลาดยี่ห้อ Standard (รูปที่ 1) คอมเพรสเซอร์ขนาด 116 W ใช้สารทำความเย็นชนิด R134a ภาชนะที่บรรจุน้ำเพื่อให้ทำน้ำเย็นจากวัสดุสแตนเลสมีรูปทรงเป็นทรงกระบอกกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.5 cm สูง 16 cm มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนไว้โดยรอบภาชนะ โดยภาชนะบรรจุน้ำได้ประมาณ 3 ลิตร



รูปที่ 1 ตู้ทำน้ำเย็นที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

- เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (ช่วงการวัด 0-1250°C ความถูกต้อง $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Testo 177) ใช้ในการวัดอุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศแวดล้อม
- เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (FLUKE 189 ความถูกต้อง $\text{VDC} \pm 0.025\% \text{ A} \pm 0.15\%$) ใช้ในการวัดความสิ้นเปลืองพลังงานของตู้ทำน้ำเย็น

วิธีทำการทดลอง

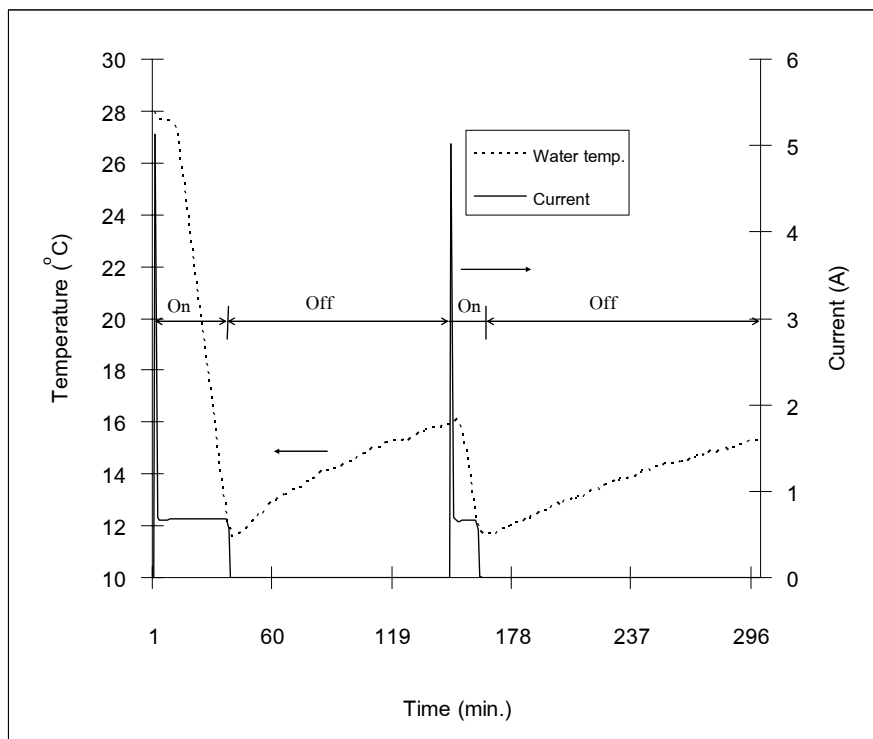
การทดลองจะศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการสิ้นเปลืองพลังงานของตู้ทำน้ำเย็น 2 ตัวแปรคือ ผลของอุณหภูมิแวดล้อมและการตั้งค่าเทอร์มอสแตต เมื่อตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนแปลง อีกตัวแปรหนึ่งจะคงที่ อุณหภูมิแวดล้อมจะแปรเปลี่ยน 3 ค่าคือ 22°C 25°C และ 28°C โดยใช้ห้องควบคุมอุณหภูมิ ภาควิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในขณะที่การตั้งค่าเทอร์มอสแตตมีการปรับทั้งหมด 6 ค่า คือเบอร์ 1 ถึง 6 โดยเบอร์ 1 แสดงถึงความเย็นน้อย เบอร์ 6 แสดงถึงความเย็นมาก ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้เวลา 300 นาที (5 ชั่วโมง) ซึ่งจะบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและการสิ้นเปลืองพลังงานทุกๆ นาที ในแต่ละการทดลองจะทำจำนวน 3 ครั้ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานี้ใช้รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (Two Ways Analysis of Variance) เพื่อทดสอบความแปรผันของการสิ้นเปลืองพลังงาน เมื่อระดับอุณหภูมิแวดล้อมและการตั้งค่าเทอร์มอสแตตแตกต่างกัน และใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงซ้อน (Multiple regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิแวดล้อม การตั้งค่าเทอร์มอสแตต และการสิ้นเปลืองพลังงาน

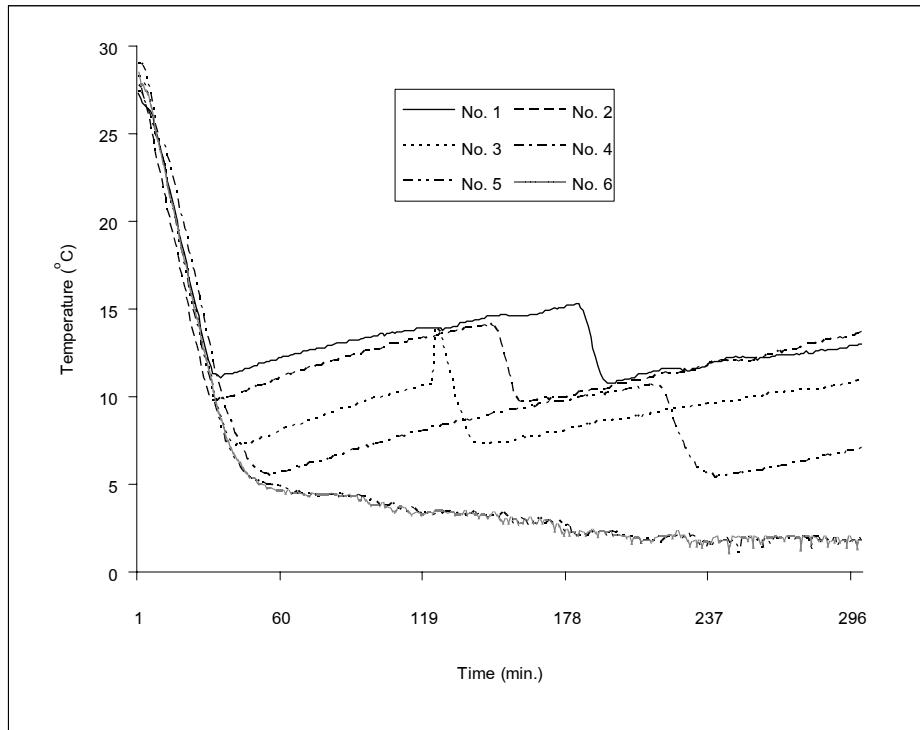
ผลการศึกษา

รูปที่ 2 แสดงถึงตัวอย่างของพฤติกรรมในการทำงานของตู้ทำน้ำเย็นที่ทำความเย็นให้น้ำปริมาตร 3 ลิตร ที่สภาวะอุณหภูมิแวดล้อม 25°C ตั้งค่าเทอร์มอสแตตเบอร์ 1 จากการทดลองเดินเครื่องเป็นเวลา 300 นาที พบว่าสามารถทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลงจาก 28°C เป็น 12°C ภายในเวลา 40 นาที และมีการตัดต่อของคอมเพรสเซอร์ 2 ครั้ง เมื่อคอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานจะกินกระแสสูงถึง 5.1 A จากนั้นจะทำงานที่กระแส 0.7 A โดยที่การตั้งค่าเทอร์มอสแตตเบอร์ 1 คอมเพรสเซอร์จะเริ่มทำงานเมื่อน้ำมีอุณหภูมิ 16°C ขึ้นไปและจะตัดการทำงานเมื่อน้ำมีอุณหภูมิ 12°C มีการสิ้นเปลืองพลังงาน 17.4 Wh

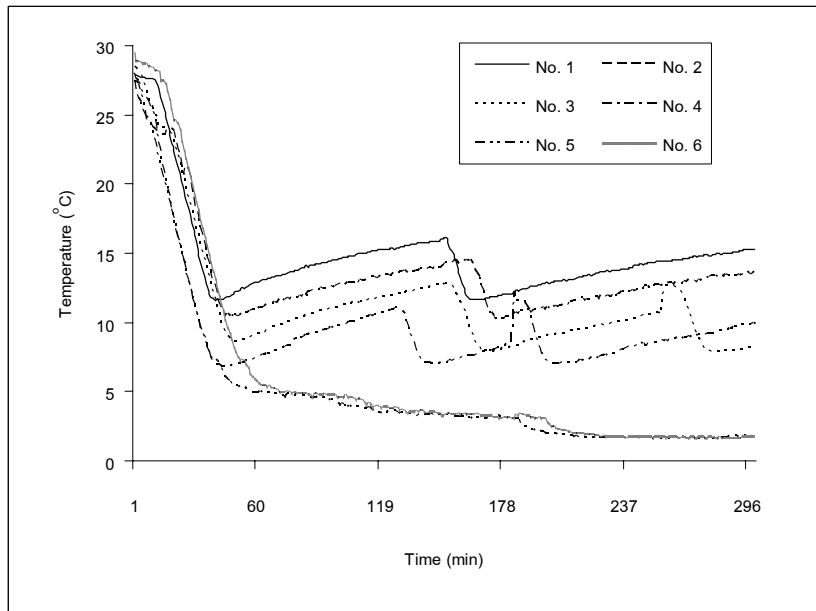


รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำและกระแสไฟฟ้าของตู้ทำน้ำเย็นที่ตำแหน่งเทอร์มอสแตตเบอร์ 1 และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 25°C

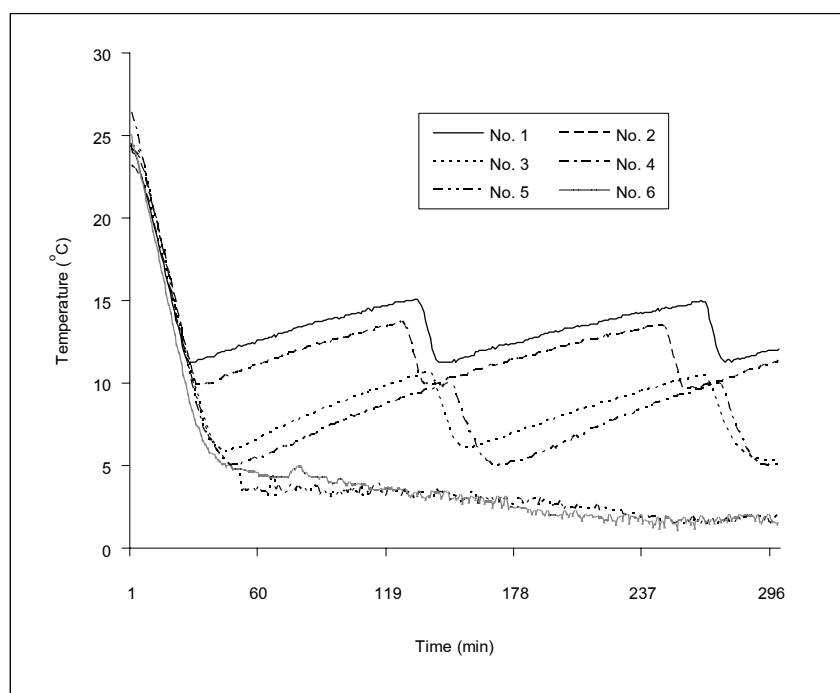
รูปที่ 3 - 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำเย็นที่อุณหภูมิแวดล้อมต่างๆ และการตั้งค่าเทอร์มอสแตตทุกๆค่า จากการทดลองพบว่าการตั้งค่าเทอร์มอสแตตมีผลต่ออุณหภูมิน้ำเย็น ที่เทอร์มอสแตตเบอร์ 1 อุณหภูมิน้ำจะสูง และเมื่อปรับเทอร์มอสแตตให้มีเบอร์ที่สูงขึ้น น้ำจะมีอุณหภูมิลดลง โดยที่เทอร์มอสแตตเบอร์ 1 สามารถทำให้น้ำมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ประมาณ 12°C การตัดต่อของคอมเพรสเซอร์ที่ตำแหน่งเทอร์มอสแตตเบอร์ต่างแสดงดังตารางที่ 1 ในขณะที่เบอร์ 5 และ 6 จะลดอุณหภูมิของน้ำได้ต่ำสุดและคงที่ 1.5°C เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ทำงานตลอดเวลา ทำให้มีการสิ้นเปลืองพลังงานสูงถึง ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลทางสถิติจึงไม่นำผลของการทำงานในตำแหน่งการตั้งค่าเทอร์มอสแตตเบอร์ 5 และ 6 มาคิดด้วย



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำที่ตำแหน่งเทอร์มอสแตตต่างๆ (อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 22°C)



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำที่ตำแหน่งเทอร์มอสแตตต่างๆ (อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 25°C)



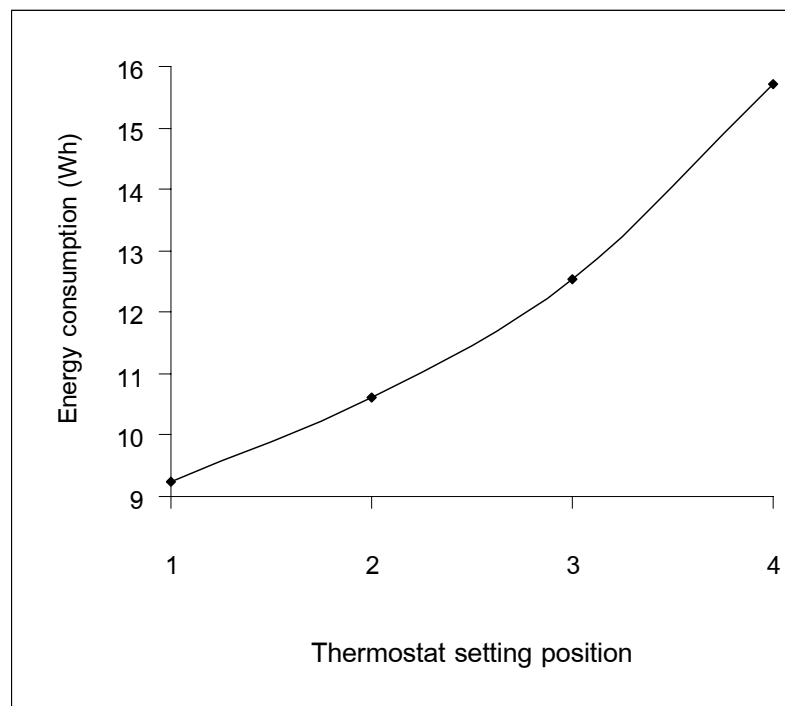
รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำที่ตำแหน่งเทอร์มอสแตตต่างๆ (อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 28°C)

ตำแหน่งเทอร์มอสแตต	คอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานที่อุณหภูมิ น้ำ (°C)	คอมเพรสเซอร์หยุดทำงานที่อุณหภูมิ น้ำ (°C)
No. 1	16	12
No. 2	14.5	10
No. 3	12.8	8.5
No. 4	11	5.6

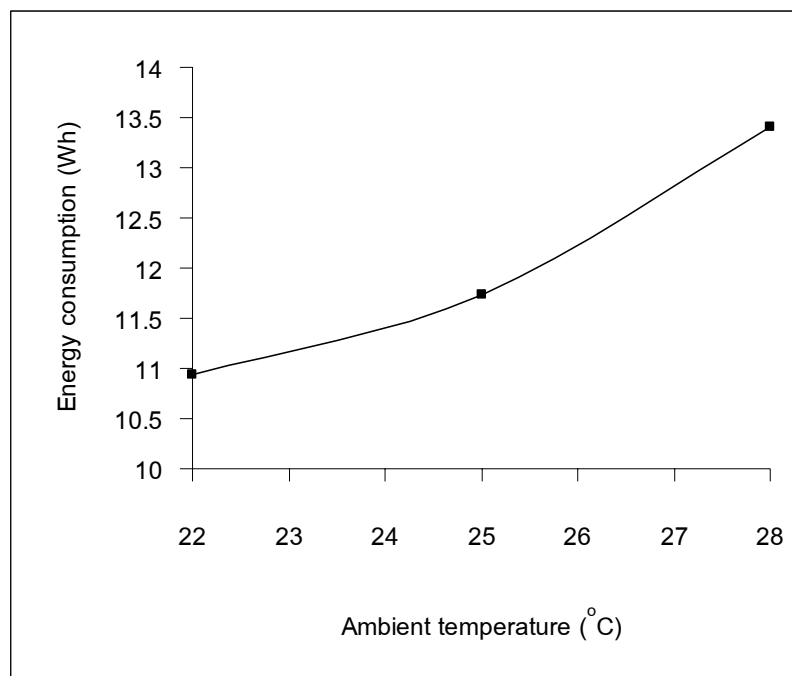
ตารางที่ 1 การเริ่มและหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่ตามอุณหภูมิน้ำที่ตำแหน่งเทอร์มอสแตตเบอร์ต่างๆ

จากการศึกษาพบว่าช่วงของค่าเทอร์มอสแตตที่เหมาะสมต่อการตั้งคือเบอร์ 1 ถึง เบอร์ 4 เนื่องจากสิ้นเปลืองพลังงานไม่มาก และสามารถทำความเย็นให้น้ำดื่มมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 5.6 ถึง 16°C ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่ต้องการน้ำดื่มในช่วงอุณหภูมิไหน นอกจากนั้นการปรับน้ำมีอุณหภูมิลง 1°C จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 9.4% ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Saidur et al. (2002) พบว่าการลดอุณหภูมิในห้องแช่แข็งของตู้เย็นลง 1°C ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้นประมาณ 7.8% รูปที่ 6 แสดงการสิ้นเปลืองพลังงานเมื่อมีการปรับเทอร์มอสแตต ในส่วนของผลกระทบจากอุณหภูมิแวดล้อมพบว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมเพิ่มขึ้น 1°C ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 3.6% การใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงขึ้น แสดงดังรูปที่ 7 เกิดจากสองส่วนคือส่วนแรกภาระความร้อนส่วนใหญ่ของเครื่องทำน้ำเย็นเกิดจากการนำความร้อนผ่านภาชนะบรรจุน้ำ การนำความร้อนจะแปรผันตามความแตกต่าง

ระหว่างอุณหภูมิอากาศแวดล้อมและอุณหภูมิน้ำในตู้ทำน้ำเย็น และส่วนที่สองจากสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) ของตู้ทำน้ำเย็นที่ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิแวดล้อมที่สูงขึ้นเป็นเหตุให้อุณหภูมิควบแน่น (Condensing temperature) สูงขึ้น งานที่ให้กับคอมเพรสเซอร์จึงมากขึ้นด้วย ซึ่ง Ballaney (1997) ได้แนะนำไว้ว่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบการทำน้ำเย็นจะสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิควบแน่นมีค่าลดลง



รูปที่ 6 การสิ้นเปลืองพลังงานเมื่อตำแหน่งเทอร์มอสแตตต่าง ๆ



รูปที่ 7 การสิ้นเปลืองพลังงานที่อุณหภูมิแวดล้อมต่างๆ

จากการหาความแปรปรวน 2 ทางพบว่ามีความแตกต่างระหว่างระดับอุณหภูมิแวดล้อมต่อการสิ้นเปลืองพลังงาน และมีความแตกต่างระหว่างการตั้งค่าเทอร์มอสแตตต่อการสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 2 เมื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิแวดล้อมและการตั้งค่าเทอร์มอสแตต พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 2 มีผลต่อการสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $F = 74.97$

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected model	256.58	11	23.33	1473.2	0.000
Intercept	5203.21	1	5203.22	328624.3	0.000
Ambient temp. (a)	38.01	2	19.004	1200.28	0.000
Water temp. (w)	211.45	3	70.484	4451.6	0.000
a*w	7.12	6	1.187	74.97	0.000
Error	0.38	24	0.0016	-	-
Total	5460.18	36	-	-	-
Corrected total	256.96	35	-	-	-

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำ

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติพบว่าระดับอุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีความสัมพันธ์ทางบวกต่อการสิ้นเปลืองพลังงานที่ $t = 10.26$ และ $r = 0.38$ ส่วนการตั้งเทอร์มอสแตตมีความสัมพันธ์ทางลบต่อการสิ้นเปลืองพลังงานที่ $t = -24.55$ และ $r = -0.90$ ซึ่งเป็นการยืนยันผลการทดลองข้างต้น และระดับอุณหภูมิแวดล้อมและการตั้งเทอร์มอสแตตสามารถทำนายการสิ้นเปลืองพลังงานได้ถึง 95.5 % โดยได้สมการทำนายความสัมพันธ์ดังนี้

$$E = 11.06 + 0.41A - 1.03W \quad \text{เมื่อ } 22^{\circ}\text{C} \leq A \leq 28^{\circ}\text{C} \text{ และ } 5.6^{\circ}\text{C} \leq W \leq 12^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

เมื่อ E = การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของตู้ทำน้ำเย็น Wh

A = อุณหภูมิอากาศแวดล้อม $^{\circ}\text{C}$

W = อุณหภูมิน้ำเย็น $^{\circ}\text{C}$

จากสมการ (1) แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศแวดล้อมมีค่าเพิ่มขึ้น ความสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มมากขึ้นด้วย ในทางตรงข้ามหากอุณหภูมิน้ำลดลง (การตั้งค่าเทอร์มอสแตต) ความสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มมากขึ้นและอุณหภูมิน้ำมีผลกระทบต่อการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าอุณหภูมิแวดล้อม

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพฤติกรรมการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่มีต่อการสิ้นเปลืองพลังงานโดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดคอมเพรสเซอร์ 116 W พบว่าการตั้งค่าเทอร์มอสแตตมีผลกระทบอย่างมากต่อการสิ้นเปลืองพลังงาน รองลงมาคือผลของอุณหภูมิอากาศแวดล้อม หากอุณหภูมิน้ำลดลง 1°C จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้นประมาณ 9.4% ในขณะที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมเพิ่มขึ้น 1°C จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้นประมาณ 3.6% ส่วนการตั้งค่าเทอร์มอสแตตเบอร์ 5 และ 6 คอมเพรสเซอร์จะทำงานตลอดเวลาทุกๆอุณหภูมิแวดล้อมที่ทำการทดลอง สำหรับตู้ทำน้ำเย็นจึงควรปรับตั้งเทอร์มอสแตตให้อยู่ในช่วงเบอร์ 1 ถึง 4 และพยายามตั้งเครื่องให้อยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำและระบายอากาศได้ดี เพื่อการประหยัดพลังงานจากการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ และมีข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไปในอนาคตดังนี้

1. ในการศึกษาเป็นการทดลองจากตู้ทำน้ำเย็นเพียงเครื่องเดียวเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลจากการทดลองไปใช้กับตู้ทำน้ำเย็นยี่ห้ออื่นๆ หรือขนาดอื่นๆ ได้ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ นั้นเป็นเพียงการชี้ให้เห็นถึงแนวทางการประหยัดพลังงานในตู้ทำน้ำเย็นเท่านั้น
2. การทดลองนี้เป็นการทดลองแบบไม่มีการกวดน้ำดื่ม ซึ่งเป็นสภาวะที่ใช้งานจริงๆ หากมีการศึกษาเพิ่มเติม ควรมีการศึกษาผลกระทบจากปัจจัยนี้ด้วย
3. ควรมีการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่ออุณหภูมิน้ำดื่ม เพื่อนำมากำหนดการตั้งเทอร์มอสแตตที่เหมาะสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายกนต์ธีร์ สังห์ราช นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลการทดลอง และมหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- จอมภพ แวศักดิ์, ศิริสุข จินดารักษ์, มาริษา มะห์นิ และจตุพร แก้วอ่อน. 2547. ภาพรวมพลังงาน และ ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2534-2543. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร. 12(3): 59-74.
- Alissi, M.R. 1987. **The effect of ambient temperature, ambient humidity and door openings on household refrigerator energy consumption.** MSME Thesis. Purdue University. West Lafayette. Indiana.
- Ballaney, P.L. 1997. **Refrigeration and Air Conditioning.** Khanna Publishers, Delhi, India.
- Mahlia, T.M.I., Masjuki, H.H., Saidur R., Choudhury I.A. and NoorLeha A.R. 2003. Projected electricity saving from implementing minimum energy efficiency standard for household refrigerators in Malaysia. *Energy*. 28: 751-754.
- Saidur R., Masjuki H.H. and Choudhury I.A. 2002. Role of ambient temperature, door opening, thermostat setting position and their combined effect on refrigerator-freezer energy consumption. **Energy Conversion and Management**. 43: 845-854.
- Tanatvanit, S., Limmeechochai, B. and Chunpaibulpatana, S. 2003. Sustainable energy development strategies: implications of energy demand management and renewable energy in Thailand. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 7: 367-395.
- Yodovard, P., Khedari J. and Hirunlabh J. 2001. The potential of waste heat thermoelectric power generation from diesel cycle and gas turbine cogeneration plants. **Energy Sources**. 23: 213-224.