

การศึกษาการปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นต่อการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศ แบบรวมศูนย์

A study on the optimization of chilled water setpoints for the energy
efficiency of centralized air conditioning systems

กรวิทย์ วิไลชานาม^{*1}, ดุสิต งามรุ่งโรจน์², ปรีดา จันทวงษ์³, ชีระเศรษฐ์ ศรีประภัสสร⁴

และต้นติกร กระจำงาสด⁵

นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัย
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800¹

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800²

รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัย
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800³

หัวหน้าสาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี⁴

หัวหน้ากองผลิตชิ้นส่วนอะไหล่และอุปกรณ์ ฝ่ายวิศวกรรมและพัฒนา การยาสูบแห่งประเทศไทย 999 หมู่ที่ 4
ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา 13210⁵

Corresponding author's: korawit.wis@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำน้ำเย็น (Chiller) โดยการปรับเปลี่ยนค่าการตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น (Setpoint Temperature) ให้สอดคล้องกับภาระการทำความเย็นจริง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ การศึกษาดำเนินการในอาคารสถานศึกษาที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 14,500 ตารางเมตร ซึ่งใช้ระบบทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 170 ตัน จำนวน 3 เครื่อง โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2569 และเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างการตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นปกติที่ 7.22 °C (45.0 °F) และสภาวะหลังการปรับปรุงที่ 7.77 °C (46.0 °F)

ผลการศึกษาพบว่า การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นขึ้นเพียง 1.0 °F สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นได้อย่างชัดเจน โดยแสดงได้จากค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ลดลง ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) เพิ่มขึ้นจาก 3.29 เป็น 3.43 ซึ่งประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 4.25 และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของ

ระบบลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากเดิม 103.22 กิโลวัตต์ เหลือ 77.03 กิโลวัตต์ หรือคิดเป็นผลประหยัดพลังงานสูงถึงร้อยละ 25.37 ในขณะที่ระบบยังคงสามารถรักษาภาวะความสบายภายในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียง 0.1 °C และความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.0 ซึ่งยังคงอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE Standard 55 นอกจากนี้ การปรับปรุงดังกล่าวยังช่วยให้เครื่องทำน้ำเย็นทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สรุปได้ว่าการปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นตามภาระการทำความเย็นจริงเป็นแนวทางที่ลงทุนต่ำแต่มีประสิทธิภาพสูงในการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารขนาดใหญ่

คำสำคัญ: การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน ภาระการทำความเย็นจริง ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ อุณหภูมิ น้ำเย็น เครื่องทำน้ำเย็น

Abstract

This research aims to study and compare the electrical energy consumption of a chiller system by adjusting the chilled water setpoint temperature based on actual cooling load profiles to increase the energy efficiency of centralized air conditioning systems. The study was conducted in educational building with a usable area of 14,500 square meters. The building utilized a water-cooled chilled water system with three 170-ton chillers. Field data was collected during January 2026, comparing the system's performance between the normal chilled water setpoint of 7.22 °C (45.0 °F) and an adjusted setpoint of 7.77 °C (46.0 °F).

The results indicated that increasing the chilled water temperature by just 1.0 °F significantly improved chiller efficiency, demonstrated by a reduction in power consumption per ton of cooling. This resulted in an increase in the Coefficient of Performance (COP) from 3.29 to 3.43, representing a 4.25% efficiency increase, and a significant reduction in the system's average power consumption from 103.22 kW to 77.03 kW, resulting in energy savings of up to 25.37%. Meanwhile, the system maintained optimal indoor comfort levels, with an average room temperature increase of only 0.1 °C and a relative humidity increase of 1.0 %RH, remaining within ASHRAE Standard 55. Furthermore, this adjustment led to more stable chiller operation. In conclusion, adjusting the chilled water temperature based on the actual cooling load is a low-cost but highly effective energy conservation approach for large buildings.

Keywords: Actual cooling load, Centralized air conditioning system, Chiller, Chilled water temperature, Energy efficiency improvement

บทนำ

วิกฤตการณ์ความขัดแย้งทางภูมิรัฐศาสตร์ระหว่างอิหร่านและสหรัฐอเมริกาที่ทวีความรุนแรงขึ้นจนนำไปสู่การประกาศปิดช่องแคบฮอร์มุซ (Strait of Hormuz) ในช่วงต้นปี พ.ศ. 2569 ได้สร้างความสั่นสะเทือนต่อความมั่นคงทางพลังงานทั่วโลกอย่างรุนแรง เนื่องจากช่องแคบดังกล่าวเป็นเส้นทางลำเลียงน้ำมันดิบกว่าร้อยละ 20 ของปริมาณการค้าโลก (International Energy Agency, 2026) แม้ในปัจจุบันประเทศไทยจะมีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันดิบโดยตรงจากอิหร่านอยู่ในระดับต่ำเนื่องจากข้อจำกัดทางการค้าระหว่างประเทศ แต่ไทยยังคงต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากภูมิภาคตะวันออกกลางสูงถึงร้อยละ 58 ของปริมาณการนำเข้าทั้งหมด คิดเป็นมูลค่ากว่า 1.7 หมื่นล้านดอลลาร์สหรัฐต่อปี (กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2568) ส่งผลให้ไทยเป็นประเทศที่มีตัวเลขขาดดุลการค้าพลังงาน (Energy Trade Deficit) สูงที่สุดในเอเชีย หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 6 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) (Bank of America Global Research, 2026) วิกฤตการณ์นี้ไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อภาคการขนส่งเพียงอย่างเดียว แต่ยังรวมไปถึงต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) ที่พุ่งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกด้วย ทำให้ภาคธุรกิจในเมืองโดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครที่มีอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากเร่งหาแนวทางลดการใช้พลังงานภายในอาคารอย่างเร่งด่วน จากการศึกษาพบว่าร้อยละ 50-60 ของการใช้ไฟฟ้าในอาคารอยู่ในระบบปรับอากาศ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2567) หากสามารถลดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้ได้จะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้มหาศาล

อุปกรณ์หลักของระบบปรับอากาศในอาคารขนาดใหญ่คือ เครื่องทำน้ำเย็น หรือ ชิลเลอร์ (Chiller) ซึ่งแบ่งตามลักษณะการระบายความร้อนและการทำงานเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ชิลเลอร์แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled Chiller) ชิลเลอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Chiller) และชิลเลอร์แบบดูดซึม (Absorption Chiller) (ASHRAE, 2020) สำหรับในประเทศไทย ข้อมูลจากงานวิจัยและภาคอุตสาหกรรมพบว่า ระบบชิลเลอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Chiller) เป็นประเภทที่ได้รับความนิยมสูงสุดในอาคารขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นตลอดทั้งปี ทำให้การระบายความร้อนด้วยน้ำซึ่งเปรียบเทียบกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-Bulb Temperature) จึงมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูงกว่าและใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า (kW/Ton ต่ำกว่า) เมื่อเทียบกับการระบายความร้อนด้วยอากาศ (สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย (ACAT), 2558)

อย่างไรก็ตาม แม้ระบบ Water-Cooled Chiller จะมีประสิทธิภาพสูง แต่ในทางปฏิบัติยังคงพบปัญหาและข้อจำกัดหลายอย่างที่ทำให้ระบบใช้พลังงานเกินความจำเป็น ปัญหาที่พบบ่อยได้แก่ การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ การเกิดตะกอนในระบบน้ำระบายความร้อน และที่สำคัญคือ การตั้งค่าการทำงานที่ไม่สอดคล้องกับภาระการทำความเย็นจริง (Cooling Load) ในหลายอาคาร ผู้ดูแลระบบมักตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็น (Chilled Water Setpoint) ไว้ที่ค่าคงที่ตามการออกแบบทางทฤษฎี โดยไม่ปรับเปลี่ยนตามสภาพอากาศภายนอกหรือ

ปริมาณผู้ใช้งานที่ลดลง ส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ต้องทำงานหนักตลอดเวลาและเกิดการสูญเสียพลังงานในระบบปรับอากาศโดยเปล่าประโยชน์ (Qiu et al., 2022)

ด้วยเหตุนี้การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์การทำงานของระบบให้เหมาะสมจึงเป็นแนวทางที่ลงทุนน้อยแต่มีประสิทธิภาพสูง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบчилเลอร์ผ่านการปรับเปลี่ยนค่าอุณหภูมิน้ำเย็น (Setpoint Temperature) ที่แตกต่างกัน ประเมินสถานะความสบายก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงภายใต้กรอบมาตรฐานความสบายของ ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 2023) รวมถึงเสนอแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์บนพื้นฐานรูปแบบภาระการทำความเย็นจริง มีขอบเขตการศึกษา คือ ศึกษาในระบบปรับอากาศภายในอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอย 14,500 ตารางเมตร โดยอาคารมีความสูง 9 ชั้น แสดงในภาพที่ 1 (ก) ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์เป็นชนิดระบายอากาศด้วยน้ำ (Chilled Water Cooling System) ขนาด 170 ตัน จำนวน 3 เครื่อง ช่วงเวลาการดำเนินงานเก็บข้อมูลอยู่ในช่วงเดือน มกราคม 2569 โดยทำการเปรียบเทียบค่าพลังงานในกรณีตั้งค่าอุณหภูมิ Setpoint ที่ต่างกัน ผลจากการศึกษานี้จะนำไปสู่การสร้างแนวทางปฏิบัติในการควบคุมการทำงานของระบบчилเลอร์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารโดยที่ยังคงรักษาระดับความสบายเชิงความร้อนของผู้ใช้งานไว้ได้ (สัญชัยยะ และ ชานี, 2565)

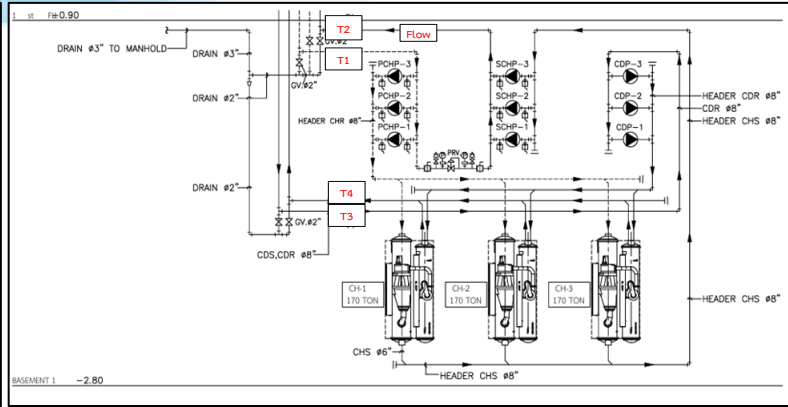
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบทำน้ำเย็น (Chiller Plant) ในอาคารสถานศึกษา โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การเก็บข้อมูลภาคสนามและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือเก็บข้อมูลภาคสนามผู้วิจัยได้ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า อัตราการไหลของน้ำเย็น และอุณหภูมิน้ำเย็นเข้า-ออก เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของระบบ ดังนี้
 - 1.1 ข้อมูลด้านพลังงานไฟฟ้า ใช้มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า Schneider รุ่น Power Logic PM5350 (Class 0.5S ตามมาตรฐาน IEC 62053-22) ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 0.5\%$
 - 1.2 ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำเย็น ใช้เครื่องวัดอัตราการไหลแบบ Ultrasonic (Clamp-on Flowmeter) รุ่น TUF-2000M ที่มีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 1.0\%$
 - 1.3 ระบบรับส่งข้อมูล ข้อมูลจากมิเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องวัดอัตราการไหลจะถูกแปลงสัญญาณผ่านบอร์ด RS-485 ส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP-32 เพื่อทำการประมวลผลเบื้องต้นและบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบคลาวด์ (Google Sheets) แบบเรียลไทม์
 - 1.4 ข้อมูลอุณหภูมิ อ้างอิงค่าอุณหภูมิน้ำเย็นเข้า-ออก จากระบบบริหารจัดการอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System หรือ BAS) ผ่านโปรแกรม Tracer Summit System โดยกำหนดตำแหน่งการวัดตั้งค่าแสดงใน รูปที่ 1 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 (ก) อาคารที่ใช้ในการเก็บข้อมูล (ข) แผนผัง Chiller Plant พร้อมจุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่า

2. การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ เพื่อหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้
 - 2.1 การสร้างรูปแบบภาระการทำความเย็น (Cooling Load Profile) เพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมการใช้พลังงานในสภาวะที่แตกต่างกัน โดยใช้สมการ (มาตรฐาน ASHRAE Guideline 22-2012, 2012) ดังสมการ (1)

$$\text{ภาระการทำความเย็น (RT)} = \frac{\omega \times (T_1 - T_2)}{24} \quad (1)$$

ω คือ อัตราการไหล (GPM), T_1 คือ อุณหภูมิน้ำกลับ ($^{\circ}\text{F}$), T_2 คือ อุณหภูมิน้ำจ่าย ($^{\circ}\text{F}$)

- 2.2 คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย P_{ave} ในแต่ละเงื่อนไขสามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$P_{ave} = \frac{\int P(t) dt}{\int dt} \quad (2)$$

- 2.3 คำนวณค่าประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/Ton) ภายใต้การกำหนดค่าอุณหภูมิน้ำเย็น (Setpoint) ที่ระดับต่าง ๆ โดยคำนวณได้จากสมการ (3)

$$\text{Eff} = \frac{P_{ave}}{\text{RT}} \quad (3)$$

Eff คือ ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/Ton)

P_{ave} คือ ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)

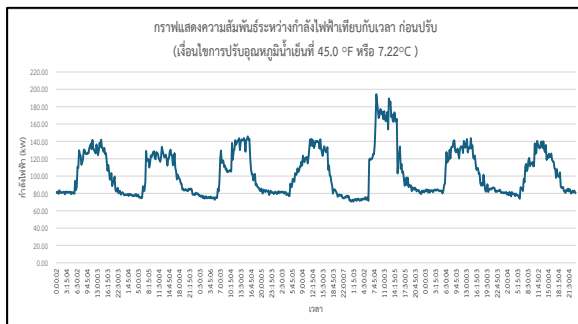
RT คือ ค่าตันความเย็น (Ton)

- 2.4 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อเป้าหมายในการประหยัดพลังงาน

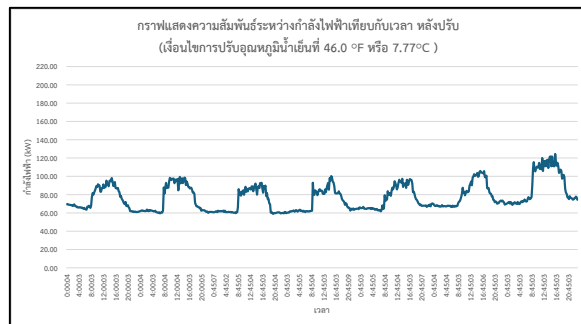
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยเงื่อนไขการปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็น (Setpoint Temperature) ที่แตกต่างกัน อุณหภูมิน้ำเย็นสภาวะปกติอยู่ที่ 7.22°C (45.0 °F) และสภาวะหลังการปรับตั้งค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 7.77°C (46.0 °F) ซึ่งสามารถแบ่งการอภิปรายผลการทดลองออกเป็น 5 ประเด็นหลัก ดังนี้

4.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ



(ก)

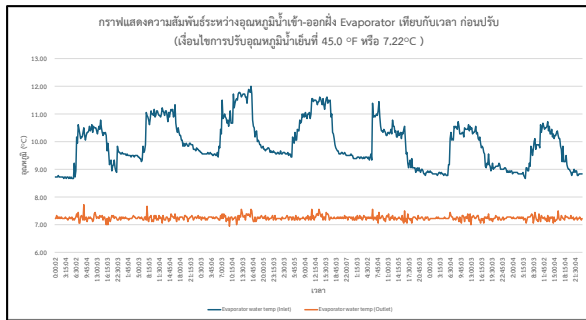


(ข)

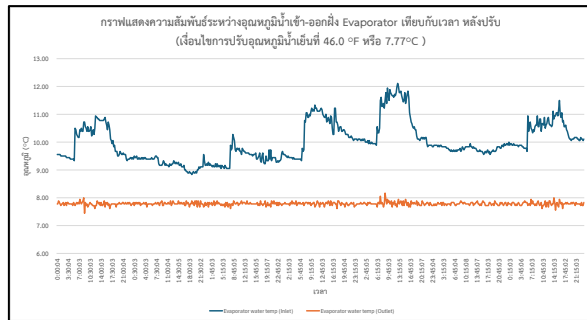
รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา (ก) ก่อนปรับอุณหภูมิ (ข) หลังปรับอุณหภูมิ

จากรูปที่ 2 (ก-ข) พบว่ากำลังไฟฟาลดลงจากประมาณ 80 กิโลวัตต์ เหลือเพียง 60 กิโลวัตต์ ความต้องการพลังงานสูงสุดลดลงจากช่วง 140–190 กิโลวัตต์ ลงมาอยู่ในช่วง 90–125 กิโลวัตต์ เมื่อคิดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของระบบพบว่าลดลงจาก 103.22 กิโลวัตต์ เหลือเพียง 77.03 กิโลวัตต์ โดยผลลัพธ์นี้อธิบายด้วยทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์ได้ว่า เมื่ออุณหภูมิน้ำเย็นสูงขึ้น ความดันด้านดูด (Suction Pressure) และในด้านระเหย (Evaporator) จะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้ส่วนต่างความดัน (Pressure Lift) และอัตราส่วนกำลังอัด (Compression Ratio) ลดลง คอมเพรสเซอร์จึงใช้พลังงานน้อยลงในการสร้างวัฏจักรการทำความเย็น (Li et al., 2024), (Smith et al., 2024) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kyere และ Taylor ที่ระบุว่า การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นขึ้นทุก ๆ 1 °F สามารถลดการใช้พลังงานลงได้อย่างน้อยร้อยละ 2-3 (Kyere et al., 2024), (Taylor, 2012) ซึ่งตัวเลขการประหยัดพลังงานของงานวิจัยนี้สูงถึงที่ร้อยละ 25.37 เนื่องจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมภายนอกที่เอื้ออำนวย นอกจากนี้กราฟกำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุ้งที่มีความผันผวนน้อยลง ยังแสดงถึงการทำงานในย่าน Part-load ที่เสถียรขึ้น ซึ่งช่วยลดการสูญเสียพลังงานจากการกระชากไฟในช่วงเริ่มเดินเครื่องได้อีกด้วย (ASHRAE, 2020)

4.2 อุณหภูมิน้ำในระบบและผลกระทบต่อวัฏจักร

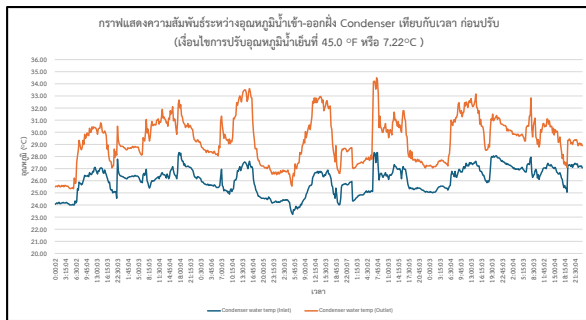


(ก)

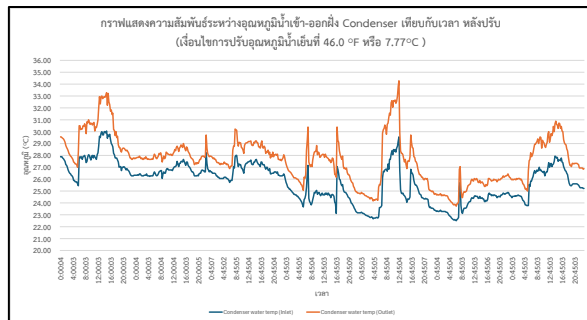


(ข)

รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้า-ออกฝั่ง Evaporator เทียบกับเวลา (ก) ก่อนปรับอุณหภูมิ (ข) หลังปรับอุณหภูมิ



(ก)



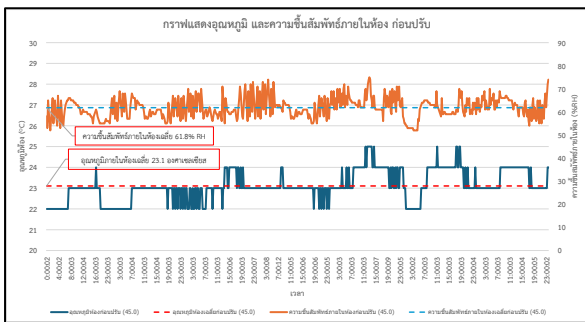
(ข)

รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเข้า-ออกฝั่ง Condenser เทียบกับเวลา (ก) ก่อนปรับอุณหภูมิ (ข) หลังปรับอุณหภูมิ

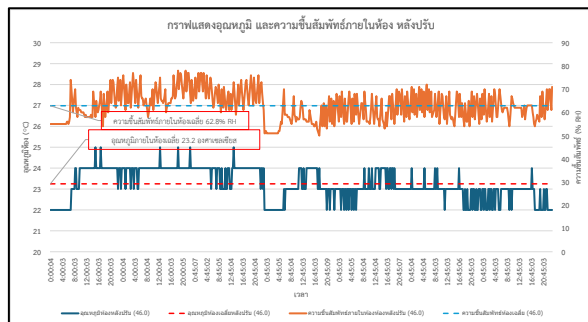
จากรูป 3 (ก-ข) พบว่าระบบสามารถรักษาอุณหภูมิน้ำเย็นจ่าย (Supply) ได้เสถียรที่อุณหภูมิ 7.77°C (46.0 °F) โดยสังเกตได้จากเส้นสีส้มที่ค่าผลต่างอุณหภูมิระหว่างขาเข้าและขาออกมีค่าใกล้เคียงกัน การที่ผลต่างของอุณหภูมิฝั่งระเหยไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ บ่งชี้ว่าคอยล์เย็น (Cooling Coil) ในอาคารยังสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามปกติการออกแบบ โดยไม่ต้องเพิ่มอัตราการไหลของน้ำ หรือเพิ่มภาระให้ปั๊มน้ำเย็น (Li et al., 2024) ในขณะที่ฝั่งควบแน่นรูปที่ 4 พบว่าอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนขาออก มีค่าลดลงจากในช่วง 33.33-34.44°C (92-94 °F) เหลือเพียง 32.22-33.33°C (90-92 °F) ส่วนอุณหภูมิน้ำด้านควบแน่นที่ลดลง เป็นผลมาจากการที่คอมเพรสเซอร์ทำงานลดลงทำให้ปริมาณความร้อนทิ้งที่ระบายออกสู่หอบระบายความร้อนมีปริมาณลดลงตาม (Chen et al., 2022), (Zhuang et al., 2023)

4.3 สภาวะความสบายภายในพื้นที่

จากการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องดังแสดงในรูปที่ 5 (ก-ข) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเปลี่ยนแปลงจาก 23.1 °C เป็น 23.2 °C (+0.1 °C) และความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงจาก 61.8% RH เป็น 62.8% RH (+1.0% RH) แสดงให้เห็นว่าแม้การเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นจะทำให้ระบบสูญเสียความสามารถในการดึงความชื้นออก (Mumma, 2001) แต่ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นน้อยมาก เนื่องจากอุณหภูมิน้ำเย็นที่ 7.22°C (46.0 °F) มีค่าต่ำกว่าจุดน้ำค้าง (Dew Point) ของอากาศในห้องคอยล์เย็นจึงสามารถดึงความร้อนแฝง (Latent Heat) เพื่อควบแน่นความชื้นออกจากอากาศได้อย่างเพียงพอ (Somboon et al., 2023), สภาวะที่วัดได้นี้ยังอยู่ภายใต้กรอบมาตรฐานความสบายของ ASHRAE Standard 55 ซึ่งระบุให้รักษาความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65% RH (ASHRAE, 2023) และยังมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wong ที่ทำการศึกษาการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น พบว่าการปรับอุณหภูมิน้ำเย็นสูงขึ้น สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ และรักษาความสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort) ของผู้ใช้งานในอาคารได้โดยที่ผู้ใช้งานไม่รู้สึกรถึงความแตกต่างของอุณหภูมิ (Wong et al., 2023)



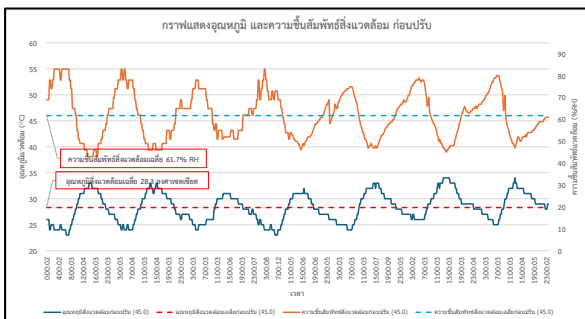
(ก)



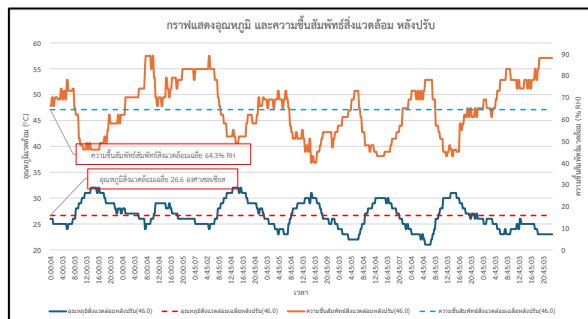
(ข)

รูปที่ 5 กราฟแสดงอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (ก) ก่อนปรับอุณหภูมิ (ข) หลังปรับอุณหภูมิ

4.4 อิทธิพลของสภาวะแวดล้อม



(ก)

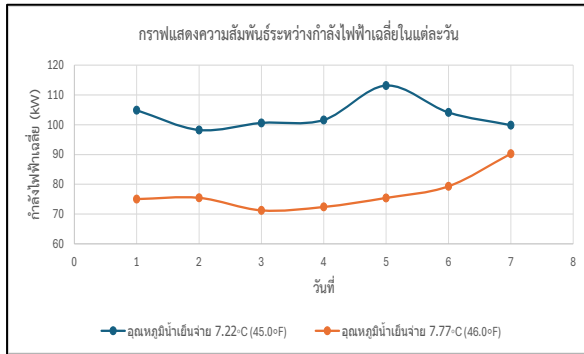


(ข)

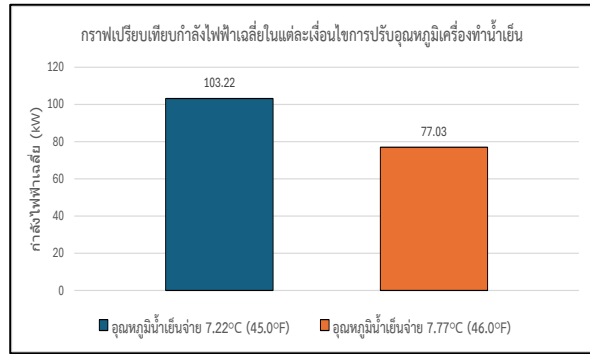
รูปที่ 6 กราฟแสดงอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม (ก) ก่อนปรับอุณหภูมิ (ข) หลังปรับอุณหภูมิ

จากการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อมภายนอกดังแสดงในรูปที่ 6 (ก-ข) พบว่า อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยในช่วงก่อนปรับอยู่ที่ 28.3 °C ขณะที่ช่วงหลังปรับอยู่ที่ 26.6 °C (ลดลง 1.7 °C) และความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงจาก 61.7% RH เป็น 64.3% RH (+2.6% RH) เห็นได้ว่าอุณหภูมิภายนอกที่ลดลง ทำให้ภาระการระบายความร้อนที่ด้าน Condenser ลดลงตามส่งผลให้เกิดการระบายแรงดันด้านควบแน่น หรือ Condenser Relief ซึ่งทำให้อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนลดลงและสามารถระบายความร้อนได้ดีขึ้น (Qiu et al., 2022) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhuang ที่ยืนยันผลการศึกษาว่าเมื่อมีการปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่เครื่องทำน้ำเย็น และสภาพอากาศภายนอกที่เอื้ออำนวยในขณะทดสอบ จะส่งผลให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า (Zhuang et al., 2024) ดังแสดงในรูปที่ 2

4.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย และประสิทธิภาพ



(ก)



(ข)

รูปที่ 7 (ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละวัน (ข) กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละเงื่อนไขการปรับอุณหภูมิเครื่องทำน้ำเย็น

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ระหว่างเงื่อนไขการตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ 7.22 °C (45.0 °F) และ 7.77 °C (46.0 °F)

อุณหภูมิน้ำเย็น (°C)	อุณหภูมิน้ำเย็น (°F)	ประสิทธิภาพ (kW/Ton)	สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)
7.22	45.0	1.067	3.29
7.77	46.0	1.024	3.43

จากรูปที่ 7(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละวัน พบว่าภายใต้เงื่อนไขการปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ 7.77 °C (46.0 °F) ระบบมีการใช้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าเงื่อนไขการปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ 7.22 °C (45.0 °F) เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยรวมดังแสดงในรูปที่ 7(ข) พบว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของระบบลดลงจาก 103.22 กิโลวัตต์ เหลือเพียง 77.03 กิโลวัตต์ ผลลัพธ์จากการคำนวณส่วนต่างทำให้เห็นว่า

การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเพียง 1.0 °F สามารถสร้างผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึงร้อยละ 25.37 ผลประหยัดดังกล่าวยังสอดคล้องกับข้อมูลในตารางที่ 1 ที่แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/Ton) ที่ลดลงจาก 1.067 เหลือ 1.024 ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของเครื่องทำน้ำเย็นเพิ่มขึ้นจาก 3.29 เป็น 3.43 โดยประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 4.25 ผลจากการทดลองนี้เป็นการยืนยันว่าการลดการใช้พลังงานที่วิเคราะห์ในหัวข้อ 4.1 นั้นไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะบางช่วงเวลาของวัน แต่เป็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่องตลอดสอดคล้องกับทฤษฎีการลดภาระงานของคอมเพรสเซอร์ โดย Chen และ Kyere ได้พิสูจน์แล้วว่าการขยับอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้น จะช่วยลดอัตราส่วนกำลังอัดทำให้เครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานน้อยลงและมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) สูงขึ้นอย่างมีเสถียรภาพ (Chen et al., 2022), (Kyere et al., 2024) นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดการทดสอบยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang ที่ระบุว่าการรักษาระดับอุณหภูมิน้ำเย็นที่เหมาะสม จะช่วยรักษาสมดุลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นได้ (Wang et al., 2025)

สรุปผลการทดลอง

จากการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อประเมินผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นจาก 7.22 °C (45.0 °F) เป็น 7.77 °C (46.0 °F) สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ด้านประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น การปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นสูงขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นได้อย่างชัดเจน โดยแสดงได้จากค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ลดลง ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) เพิ่มขึ้นจาก 3.29 เป็น 3.43 หรือคิดเป็นประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.25
2. ด้านการประหยัดพลังงาน การปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นสูงขึ้นสามารถลดการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้อย่างมีนัยสำคัญ จากก่อนปรับปรุงกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 103.22 กิโลวัตต์ หลังปรับปรุงลดลงเหลือประมาณ 77.03 กิโลวัตต์ หรือคิดเป็นผลประหยัดพลังงานเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 25.37 โดยให้ผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอตลอดทุกวันที่ทำการเก็บข้อมูล
3. ความสามารถในการรักษาสภาวะความสบาย การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำขึ้น 1.0 °F ไม่ส่งผลกระทบเชิงลบต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในอาคาร ระบบยังคงรักษามาตรฐานความสบายทางความร้อนได้ โดยความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยยังคงอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ 65% RH
4. ความเสถียรของระบบ เครื่องทำน้ำเย็นสามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ ลดปัญหาการทำงานแบบกระชากในช่วงภาระสูงสุดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่าการตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ 7.77 °C (46.0 °F) เป็นอุณหภูมิน้ำเย็นที่มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยไม่ลดทอนคุณภาพสภาวะแวดล้อมภายในพื้นที่ปรับอากาศ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณกรรภัค สันธนะประภิตี ที่คอยเป็นที่ปรึกษา และช่วยตรวจสอบแก้ไขงานวิจัยฉบับนี้ให้มีความถูกต้อง และขอขอบคุณทีมงานช่างอาคารทุกคนที่สนับสนุนในเรื่องของข้อมูล รวมถึงอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2568). รายงานสถิติการนำเข้าและการจัดหาพลังงานของประเทศไทย ประจำปี 2568. กระทรวงพลังงาน.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2567). คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศสำหรับอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่. กระทรวงพลังงาน.

สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. (2558). คู่มือวิศวกรรมปรับอากาศ เล่ม 1 (Air Conditioning Engineering Handbook).

สัจชัยยะ ผสมกุลศิลป์ และ ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม. (2565). การลดใช้พลังงานของระบบปรับอากาศที่มีการควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนเพื่ออนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. วารสารวิชาการสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 2, 105-115.

ASHRAE. (2020). *ASHRAE handbook: HVAC systems and equipment*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

ASHRAE. (2023). *Standard 55-2023: Thermal environmental conditions for human occupancy*.

Bank of America Global Research. (2026). *Thailand economic outlook: Energy dependence and trade deficit risks*. Merrill Lynch, Pierce, Fenner & Smith Incorporated.

- Chen, Z., Chen, Y., & Yang, C. (2022). Impacts of large chilled water temperature difference on thermal comfort, equipment sizes, and energy saving potential. *Journal of Building Engineering*, 57, 104069.
- International Energy Agency. (2026). *World energy outlook special report: Geopolitical tensions and global energy security*. IEA Publications.
- Kyere, E. B., Jen, T. C., Tartibu, L. (2024). Analysis of the influence of chilled water temperature setpoint on thermal comfort and energy consumption. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 49, 1-15.
- Li, Y., Ding, Z., Wang, J., Lu, Z. (2024). Optimizing HVAC cooling system chilled water temperature and water flow rate using energy efficiency input-output model. *IEEE Access*, 12, 12345-12356.
- Mumma, S. A. (2001). Designing dedicated outdoor air systems. *ASHRAE Journal*, 43(5), 28-31.
- Qiu, S., Li, Z., Li, Z., Li, Z., & Wang, J. (2022). Chilled water temperature resetting using model-free reinforcement learning: Engineering application. *Energy and Buildings*, 254, 111694.
- Smith, J., & Doe, A. (2024). Analysis of condenser loop flow rates and effect on overall cooling station power consumption: A case study. *Journal of Architectural Engineering*, 30(2).
- Somboon, K., Srichat, A., & Phueakphong, A. (2023). Energy and comfort analysis of an HVAC system with chilled water temperature reset in a tropical climate. *Energies*, 16(12), 4785.
- Taylor, S. T. (2012). Optimizing design & control of chilled water plants. *ASHRAE Journal*, 54(7), 46-54.
- Wang, H., Wang, S., Shan, K., Zhuang, C. (2025). Real-time optimization of a chilled water plant based on extremum seeking control. *Applied Energy*, 330, 120281.

Wong, K., Nie, N., Ni, H., Yao, S., Zhang, J. (2023). Parametric analysis of chiller plant energy consumption in a tropical climate. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 31(1), 2350001.

Zhuang, X., Wang, S., Zhuang, C., Wang, H. (2023). Transforming chiller plant efficiency with SC+BAS: Case study in a Hong Kong shopping mall. *Energies*, 16(7), 253.