การจัดการพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นและระบบกักเก็บความเย็นของอาคารสำนักงาน

ENERGY MANAGEMENT OF CHILLERS AND THERMAL STORAGE SYSTEM IN AN OFFICE BUILDING

คเณศ พงศ์เจริญ[1]

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงานระบบทำความเย็นของอาคารสำนักงาน พร้อมทั้งหาแนวทางควบคุมและการบริหารจัดการระบบทำความเย็นของอาคารสำนักงาน ให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยไม่กระทบกับผู้ใช้และมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยเน้นไปที่เครื่องทำระบบน้ำเย็น (Water Chiller) และระบบเครื่องทำน้ำแข็ง (Glycol Chiller) ซึ่งเป็นส่วนที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด โดยจากเดิมการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นเวลา 05.30 น. เปิด Water Chiller 1 ตัว ขนาด 1,600 RT และเวลา 06.30 น. เปิด Water Chiller อีก 1 ตัว ขนาด 800 RT โดยกำหนด Set Point ที่ 7 °C โดยให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารอยู่ที่ 22-23°C และใช้ระบบกักเก็บความเย็น Thermal Storage ในช่วงการทำงานล่วงเวลา ทำการจดบันทึก ทำให้ทราบว่าการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 60,000 kWh/วัน จากนั้นได้ทำการบริหารจัดการระบบทำความเย็นใหม่โดยการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นเริ่มต้นเวลา 06.00 น. เปิด Water Chiller 1 ตัว ขนาด 1,600 RT หรือขนาด 800 RT โดย Set Point ที่ 7-9 °C เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารอยู่ที่ 23-24°C และใช้ระบบกักเก็บความเย็นเฉพาะบางช่วงบางวันที่มีการขอโอทีและในวันเสาร์-อาทิตย์ขึ้นอยู่กับจำนวนโหลดที่มีการขอทำงาน ทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยลงมา 50,000 kWh/วัน จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน เปรียบเทียบระหว่างปี 2019 กับปี 2020 สรุปเป็นมาตรการประหยัดพลังงานได้ 3 แนวทาง คือ ปรับเปลี่ยนเวลาการเปิด-ปิด เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) เป็น 06:00 -17:00 ปรับตั้งอุณหภูมิ Set point เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) เป็น7 – 9 °C และใช้ระบบกักเก็บน้ำแข็ง (Thermal Storage) ในช่วงทำงานล่วงเวลาหรือวันหยุดทำการ ทำให้สามารถลดพลังงานการใช้ไฟฟ้าได้ต่อเดือน 10,000 kW คิดเป็นเงินอยู่ที่ 31,400 บาทต่อวัน

---

[1] หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[2] ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคลหลัก

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

ไฟฟ้านับเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินชีวิตและการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ในช่วงที่ผ่านมาความต้องการไฟฟ้าของไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดความกังวลว่าไฟฟ้าจะมีเพียงพอเพื่อรองรับกับการเติบโตทางเศรษฐกิจหรือไม่ ซึ่งปัจจุบันไทยมีกำลังผลิตไฟฟ้ารวมทั้งประเทศอยู่ที่ประมาณ 42,000 เมกะวัตต์ ซึ่งมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ หรือ 28,129 เมกะวัตต์ ผลิตจากก๊าซธรรมชาติ อีกประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ผลิตจากถ่านหิน ที่เหลือเป็นไฟฟ้าที่ได้จากเขื่อน พลังงานหมุนเวียน เช่น ชีวมวล แสงอาทิตย์ ลม และรับซื้อจากต่างประเทศ ได้แก่ ลาวและมาเลเซีย อีก 10 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าไทยใช้ก๊าซธรรมชาติผลิตไฟฟ้าเป็นหลัก โดยโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ทั้งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และของเอกชน ส่วนมากเป็นโรงไฟฟ้าก๊าซแต่ปริมาณก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยกำลังลดลงเรื่อย ๆ ทำให้ในอนาคตไทยจะพึ่งพาก๊าซธรรมชาติได้น้อยลง หรืออาจต้องนำเข้าก๊าซธรรมชาติจากต่างประเทศเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งอาจส่งผลต่อความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ ขณะที่การใช้พลังหมุนเวียนในประเทศไทยยังมีน้อยอยู่ เมื่อเทียบกับต่างประเทศที่หันมาให้ความสำคัญกับพลังงานหมุนเวียนเพราะต้องการแก้ปัญหาโลกร้อน หลายประเทศ เช่น แคนาดา สวีเดน เดนมาร์ก นิวซีแลนด์ ผลิตไฟฟ้าจากลมและแสงอาทิตย์ได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของกำลังผลิตทั้งประเทศแล้ว นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับมลพิษที่เกิดจากการบริหารจัดการผลิตไม่ถูกวิธี และอีกมากมายที่อยู่รอบตัว แนวทางสำคัญที่จะช่วยลดอัตราการเพิ่มความต้องการใช้พลังงานของประเทศ คือการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดในทุกภาคส่วน คณะรัฐมนตรีในการประชุมเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2555 ได้มีมติให้หน่วยงานราชการดำเนินมาตรการลดใช้พลังงานลงให้ได้อย่างน้อย 10% เพื่อเป็นตัวอย่างให้กับภาคเอกชน ภาคประชาชน ในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อผ่อนภาระรายจ่ายด้านการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศถ้าทุกหน่วยงานสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ตามเป้าหมาย คาดว่าจะลดปริมาณการใช้พลังงานของหน่วยงาน คิดเป็นมูลค่า 950 ล้านบาท ลดการปลดปล่อย CO_2 ประมาณ 133 $ktCO_2$

อาคารสำนักงานเป็นหน่วยงานภาคเอกชนที่จะดำเนินมาตรการลดใช้พลังงานตามมติคณะรัฐมนตรี เนื่องจากอาคารสำนักงาน ซึ่งเป็นอาคารขนาดใหญ่มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าปี 2562 เฉลี่ยอยู่ 23,551,000 kWh/ปี โดยคิดเป็นเงิน 74,117,352 บาท ซึ่งคิดเป็นระบบปรับอากาศถึง 60% ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด ดังนั้นจึงมีการศึกษาการใช้พลังงานระบบทำความเย็นเพื่อหาแนวควบคุมและการบริหารจัดการระบบทำความเย็นของอาคารสำนักงาน ให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยไม่กระทบต่อผู้ใช้งานและมีการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพให้สามารถประหยัดพลังงานได้เป็น

จำนวนมาก ส่งผลโดยรวมในระดับประเทศ ทั้งในด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม และในส่วนอาคารสำนักงาน สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการบริหารจัดการระบบทำความเย็นได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการใช้พลังงานระบบทำความเย็นของอาคารสำนักงาน รวมทั้งหาแนวควบคุมและการบริหารจัดการระบบทำความเย็นของอาคารสำนักงานให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยไม่กระทบกับผู้ใช้และมีประสิทธิภาพสูงสุด

ขอบเขตของการวิจัย

1. การศึกษาครั้งนี้ มุ่งศึกษาเฉพาะการบริหารจัดการระบบทำน้ำเย็น (Water Chiller) และระบบกักเก็บความเย็น (Thermal Storage) ของอาคารสำนักงาน
2. ศึกษาและเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าการบริหารจัดการระบบทำน้ำเย็นระหว่าง ปี 2019 – 2020
3. ศึกษาและหาแนวทางมาตรการบริหารจัดการระบบทำน้ำเย็น ให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยไม่กระทบกับผู้ใช้ภายในอาคารสำนักงาน
4. การศึกษานี้อ้างอิงมาตรฐาน พระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงข้อมูลการใช้พลังงานระบบทำน้ำเย็นของอาคารสำนักงาน
2. ได้แนวทางการควบคุมและการบริหารจัดการระบบทำน้ำเย็นของอาคารสำนักงานให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและมีประสิทธิภาพสูงสุด
3. ช่วยให้อาคารสำนักงานประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พรรณิภา เจียมศิริโรจน์ (2560) ได้ทำการศึกษา การประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเมื่อเปลี่ยนสารทำความเย็น HCFC-22 เป็น HFC-32 ที่ขนาดทำความเย็น 2,638 3,517 5,276 และ 7,034 วัตต์ จากผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I ทั้ง 11 ผู้ผลิต การวิเคราะห์เปรียบเทียบอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 16358-1 โดยใช้ชุดอุณหภูมิ (Outdoor Bin Temperature) ของประเทศไทย โดยกำหนดให้ภาระการ

ทำความเย็น (Cooling Load) ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกเพียงอย่างเดียว พบว่าเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความ เย็น HFC-32 มีค่า CSPF มากกว่า HCFC-22 ร้อยละ 4.99 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ CSPF ของ เครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 โดยสมมติชั่วโมงการใช้งานต่อปี 3 กรณี ได้แก่ (1) กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน (2) กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน (6.00-18.00 น.) และ (3) กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางคืน (18.00-6.00 น.) เทียบกับ CSPF ที่ใช้ช่วงอุณหภูมิตามค่า แนะนำ (Default) พบว่า CSPF ทั้ง 3 กรณี ต่ำกว่าค่า CSPF ที่ใช้ช่วงอุณหภูมิตามค่าแนะนำ เป็นผลมาจากการกระจายตัวของอุณหภูมิประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 3 กรณี มีค่าสูงกว่า) ส่วนสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์ผลประหยัด พบว่าหากมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ ที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 แทน HCFC-22 ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่า กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวันในตอนกลางวัน และกรณีใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวันในตอนกลางคืน ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า เฉพาะช่วงการใช้งาน 80.42 48.89 และ 31.53 ล้าน กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปีตามลำดับ เทียบเท่าการลดคาร์บอนไดออกไซด์เฉพาะช่วงการใช้งาน 46.81 28.46 และ 18.35 ล้าน กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์ ต่อปีตามลำดับ

กิตติพงค์ อาจหาญ, ฉัทปภา จันทร์โสม และสิทธิศักดิ์ เริงฤทธิ์ (2560) การวิเคราะห์การจัดการระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพที่แท้จริง และแนวทางเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นขนาดใหญ่จำนวน 3 ชุด โดยการเก็บข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าอัตราการไหลของน้ำในท่อและค่าอุณหภูมิ เก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูล บันทึกข้อมูล ทุก ๆ 5 นาที เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งผลที่ได้ ค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นทั้ง 3 ชุด อยู่ในช่วงระหว่าง 0.88 – 1.16 kW/ton ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพแนะนำของ ASHRAE อยู่ในช่วงประสิทธิภาพที่ต้องมีการปรับปรุง โดยหากเปรียบเทียบค่าประสิทธิของเครื่องทำน้ำเย็นรุ่นนี้จะมีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 0.5-0.7 kW/ton

บุญธรรม กล้าหาญ (2561) การลดการใช้พลังงานสำหรับอุปกรณ์เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำด้วยวิธีการบำรุงรักษาทวีผล กรณีศึกษาโรงงานผลิตนาฬิกา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า ในเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ จากการศึกษาพบว่าระบบทำน้ำเย็นดังกล่าวมีการใช้งานมาแล้ว 10 ปี การใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับผลิตน้ำเย็นอยู่ที่เฉลี่ย 1.08 kW/ton ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง เพราะจากเดิมอยู่ที่ 0.68 kW/ton จึงได้ทำการศึกษารายละเอียดสาเหตุของการสิ้นเปลืองดังกล่าว พบว่าชุดระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นทำงานไม่สมบูรณ์ โดยมีอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ย 9.8 °F ซึ่งค่ามาตรฐานคือ 5 °F รวมทั้งอัตราการไหลของน้ำเย็นมีค่า 746 GPM ซึ่งค่าที่ถูกต้องคือ 600 GPM จึงได้ทำความสะอาดชุด

ระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นและปรับตั้งวาล์วให้ดีขึ้น หลังการปรับปรุงได้ค่าอัตราการใช้พลังงานเฉลี่ย 0.86 kW/ton ลดลง 0.22 kW/ton คิดเป็นร้อยละ 20.3

อรุณ เอี่ยมสุรีย์ (2561) การศึกษาเทคโนโลยีระบบ Heat Recovery Chiller กรณีศึกษาโรงแรม Jen hotel ประเทศมาเลเซีย ซึ่งนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากเครื่องทำน้ำเย็นมาผลิตน้ำร้อนจากการทำงานในคราวเดียวกัน โดยไม่สิ้นเปลืองพลังงานแต่อย่างใดเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม ได้แก่ เครื่องทำน้ำเย็นที่ได้ความเย็นแต่ทิ้งพลังงานความร้อนให้เสียไปโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ซึ่งระบบ Recovery Chiller นำไปสู่การประหยัดพลังงานในภาคอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ต้องใช้ทั้งความร้อนและความเย็นในเวลาเดียวกัน ผลการวิจัยพบว่าระบบ Heat Recovery Chiller เป็นเทคโนโลยีการนำความร้อนเหลือทิ้งจากระบบปรับอากาศกลับมาใช้ใหม่ เป็นทางออกที่ดีมากสำหรับการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม และค่าสาธารณูปโภค ในเรื่องของการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า และยังส่งผลกับการลดการระบายความร้อนทิ้งออกสู่ภายนอกอาคารได้อีกด้วย

Chao-Wei Yu, June-Wei Chen and Yen-Lin Chen (2020) Integration of IoT and Enhanced LSTM framework for water-cooled chiller COP forecasting งานวิจัยนี้ใช้เครื่องทำน้ำเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำในอาคารสำนักงานเป็นตัวอย่างการทดลองวิจัยโดยใช้เทคโนโลยีของ IoT (Internet of Things) เพื่ออัปโหลดพารามิเตอร์การทำงานและข้อมูลในแต่ละช่วงของเครื่องทำความเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำไปยังคลาวด์ และนำเสนอผลลัพธ์ที่เป็นภาพ ผู้จัดการสามารถเข้าใจสถานะปัจจุบันของเครื่องทำน้ำเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำแต่ละเครื่องได้ง่ายขึ้นด้วยผลลัพธ์ที่เป็นภาพ และในขณะเดียวกันเราก็ทำการวิเคราะห์เชิงคาดการณ์เกี่ยวกับข้อมูลเครื่องทำความเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำที่เก็บรวบรวมไว้ ทำให้สามารถทำนายแนวโน้มค่า COP ได้อย่างแม่นยำ

Yixing-Chen, Chuhao Yang, Xiao Pan and Da Yan (2020) Design and operation optimization of multi-chiller plants based on energy performance simulation กรณีศึกษานี้ดำเนินการโดยใช้อาคารสำนักงานที่ตั้งอยู่ในกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน ศึกษาชุดเครื่องทำความเย็นที่เป็นไปได้โดยใช้เครื่องทำความเย็นที่มีอยู่ 13 เครื่องซึ่งมีความจุต่างกัน มีการสำรวจกลยุทธ์การควบคุมตามรายสัปดาห์ ปริมาณการทำความเย็นสูงสุดรายวันและรายชั่วโมงและกลยุทธ์การควบคุมที่เหมาะสมที่สุด แบบจำลองพลังงานในอาคารถูกสร้างขึ้นเพื่อจำลองภาระการทำความเย็นรายชั่วโมงของอาคารสำนักงาน และปรับเทียบโดยใช้ข้อมูลที่วัดได้ นำมาเข้า MATLAB เพื่อคำนวณการใช้พลังงานประจำปีของเครื่องทำความเย็น ผลการวิจัยพบว่าจำเป็นต้องควบคุมทำความเย็นทุกชั่วโมง อย่างไรก็ตาม การควบคุมที่เหมาะสมที่สุดอาจไม่จำเป็น ไม่ควรเลือกเครื่องทำความเย็นที่มีความจุเท่ากันทั้งหมด ความจุของเครื่องทำความเย็นควรแตกต่างกันเล็กน้อยเพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการควบคุม การออกแบบชุด

เครื่องทำความเย็นมีความสำคัญในขั้นตอนการออกแบบ เมื่อได้รับการออกแบบเครื่องทำความเย็นที่ไม่เหมาะสม

Xuan Vien Nguyen (2021) Fabrication and Performance Evaluation of Cold Thermal Energy Storage Thanks Operating in Water Chiller Air Conditioning System การศึกษานี้เป็นของระบบจัดเก็บความเย็นและความร้อน ได้ทำการออกแบบและผลิตขึ้นเพื่อใช้งานร่วมกับระบบปรับอากาศแบบน้ำเย็น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการดำเนินงานและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงสุด โดยมีการออกแบบถังเก็บความเย็นและถังเก็บความร้อน โดยใช้กระบวนการถ่ายเทความร้อนในตัวแลกเปลี่ยนความร้อนของถังเก็บความเย็น ความแตกต่างของอุณหภูมิของของไหลถ่ายเทความร้อนระหว่างางเข้าและทางออกของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน 3-4 ℃ ช่วยให้เครื่องปรับอากาศ ในการระบายความร้อนในพื้นที่ของอาคารขนาด 400 ตารางเมตร ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

Wenhong Yu, Weiwei Xu and Hui Li (2021) Test Research on Air-conditioning Water Chiller of an Office Building School of civil engineering งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอาคารสำนักงาน ในกรุงปักกิ่งประเทศจีน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องปรับอากาศ โดยการทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องปรับอากาศ เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยการวัดค่าอัตราการไหลของน้ำเย็น การไหลของน้ำหล่อเย็น กำลังของปั๊มน้ำ อุณหภูมิผนังของท่อน้ำเย็น และอุณหภูมิผนังท่อน้ำหล่อเย็น จึงทำให้ทราบค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นในอาคารสำนักงานนี้ว่ามากกว่าดัชนีการประเมิน และค่า COP ของระบบปรับอากาศต่ำกว่าค่ากำหนดของดัชนีการตรวจสอบ โดยมีข้อแนะนำเพื่อลดจำนวนปั๊มของเครื่องทำน้ำเย็น ปั๊มของเครื่องทำน้ำหล่อเย็นและหอหล่อเย็นเพื่อฟื้นฟูค่าประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศให้สูงขึ้น เนื่องจากเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานหลัก ระบบสามารถเพิ่มอุปกรณ์แปลงความถี่ลงในเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อเปลี่ยนการทำงานของคอมเพรสเซอร์ได้ ความถี่ตามความที่ต้องการแท้จริง สามารถประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศให้เหมาะสม

จากผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบถึงแนวทางการเลือกใช้สารทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานทดแทนสารทำความเย็นแบบรุ่นเก่า ทั้งนี้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องล้วนมีแนวทางเดียวกันคือ เพื่อให้ระบบปรับอากาศเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน และหาวิธีวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์หลักหรือตัวเลือกที่เหมาะสมต่ออาคารนั้นๆ ที่กำลังศึกษาอยู่นำมาแก้ไขปรับปรุงประสิทธิภาพ เพื่อลดความสูญเสียของค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศเป็นแนวทางลดค่าใช้จ่ายในองค์กรหรืออาคารเกี่ยวกับทางด้านระบบปรับอากาศ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเรื่องการจัดการพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น ประเภท ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Chiller) และระบบกักเก็บความเย็น (Glycol Chiller) กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน เพื่อศึกษามุ่งเน้นเพื่อการเปรียบเทียบวิเคราะห์เวลาการเปิด – ปิดเครื่อง Chiller การปรับเปลี่ยนอุณหภูมิภายในอาคารและการเลือกใช้ระบบกักเก็บความเย็น เพื่อลดการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

อาคารสำนักงานแห่งนี้ปัจจุบันมีอายุการใช้งาน 30 ปี ตัวอาคารเป็นอาคารสูง 34 ชั้นมีพื้นที่ใช้สอยในอาคารโดยรวม 196,000 m^2 แบ่งออกเป็น 3 โซน หลัก ๆ ที่มีการใช้งานระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Air Handing Unit) ระบบบทำความเย็นแบบ (Water Chiller) และระบบกักเก็บความเย็น (Glycol Chiller)

ตารางที่ 1 ชั้นและรายละเอียดพื้นที่อาคารสำนักงาน

ชั้น	รายละเอียดพื้นที่
ชั้น Podium	พื้นที่ทางเข้าของอาคาร, ธนาคารฝากถอน, หอประชุม, อ๊อฟฟิตงานขายตรง, ห้องพระ, ฟิตเนส ,ห้องคอนโทรล, ห้องเงินสดและสหกรณ์ออมทรัพย์
ชั้น 4-22	พื้นที่ทำงานของพนักงาน ประกอบไปด้วย โซน A,B,C แยกเป็นแต่ละแผนกและมีชั้นที่ทำงานในวันเสาร์ – อาทิตย์
ชั้น 24-34 ชั้น	พื้นที่ทำงานของผู้บริหาร จะดำเนินการเปิดเมื่อผู้บริหารต้องการใช้งานซึ่งการใช้พลังงานภายในอาคารหลัก คือ ไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบสื่อสาร ระบบเตือนภัย ระบบสุขาภิบาล ระบบปรับอากาศ

อาคารสำนักงาน เปิดทำการ วันจันทร์ – ศุกร์ ตามเวลาปกติทำการ 08.00 – 17.00 น. โดยแบ่งเป็นพื้นที่ทำงาน (ดังตารางที่ 1) โดยมีข้อมูลการใช้พลังงานที่ใช้ในกรณีศึกษา (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงานเปรียบเทียบระหว่างปี 2019 – 2020

เดือน	ปี 2019 (ก่อน)			ปี 2020 (หลัง)		
	หน่วยไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	เฉลี่ยต่อหน่วย (บาท)	หน่วยไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	เฉลี่ยต่อหน่วย (บาท)
ม.ค.	2,122,000.00	6,678,146.00	3.14	1,622,000.00	5,104,596.20	3.14
ก.พ.	2,050,000.00	6,451,555.00	3.14	1,443,000.00	4,541,265.30	3.14
มี.ค.	2,212,000.00	6,961,385.20	3.14	1,498,000.00	4,714,355.80	3.14
เม.ย.	2,189,000.00	6,889,001.90	3.14	845,000.00	2,659,299.50	3.14
พ.ค.	2,311,000.00	7,272,948.10	3.14	1,021,000.00	3,213,189.10	3.14
มิ.ย.	2,139,000.00	6,731,646.90	3.14	1,157,000.00	3,641,194.70	3.14
ก.ค.	1,935,000.00	1,935,000.00	3.14	1,206,000.00	3,795,402.60	3.14
ส.ค.	1,870,000.00	5,885,077.00	3.14	1,211,000.00	3,811,138.10	3.14
ก.ย.	1,792,000.00	5,639,603.20	3.14	1,228,000.00	3,864,638.80	3.14
ต.ค.	1,803,000.00	5,674,221.30	3.14	1,121,000.00	3,527,899.10	3.14
พ.ย.	1,630,000.00	5,129,773.00	3.14	1,117,000.00	3,515,310.70	3.14
ธ.ค.	1,498,000.00	4,714,355.80	3.14	1,064,000.00	3,348,514.40	3.14
รวม	**23,551,000.00**	**74,117,352.10**	**37.77**	**8,792,000.00**	**45,736,804.30**	**37.68**
เฉลี่ย	**4,710,200.00**	**6,176,446.01**	**3.15**	**1,758,400.00**	**3,811,400.36**	**3.14**

ในวันเปิดทำการปกติ วันจันทร์-วันศุกร์ เปิดเครื่องเวลา 06.00 น. - 17.00 น. เดินเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ขนาด 1,600RT จำนวน 1 เครื่อง เป็นหลัก ทั้งนี้หากมีปริมาณโหลดที่ต้องจ่ายทำความเย็นเพิ่มหรืออุณภูมิน้ำเย็นทำไม่ได้จะเดินเครื่องทำน้ำเย็น ขนาด 800RT เพิ่มจำนวน 1 เครื่อง ส่วนวันเสาร์-อาทิตย์ จะใช้ระบบกักเก็บทำความเย็น (Heat Exchanger) ละลายน้ำแข็งจ่ายโหลดภายในอาคารสำนักงานเฉพาะชั้นที่มีขอการทำงาน โดยพิจารณาจากโหลดเป็นหลัก ซึ่งมีตารางการเปิด-ปิดเครื่องทำน้ำเย็น (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเปิด – ปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

Chiller	เปิดเวลา	ปิดเวลา	หมายเหตุ
Chiller 1,600 RT	06.00 น.	17.00 น.	สลับการทำงานวันเว้นวัน
Chiller 1,600 RT	06.00 น.	17.00 น.	
Chiller 800 RT	07.00 น.	21.00 น.	
Chiller 800 RT	07.00 น.	21.00 น.	
Glycol 800 RT	22.00 น.	05.00 น.	

ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

จัดทีมช่างตรวจสอบพื้นที่ที่มีการขอระบบปรับอากาศในรอบเช้าและรอบบ่าย และบันทึกจำนวนพนักงานที่เข้ามาทำงาน และตรวจสอบอุณหภูมิภายในชั้นทุก ๆ ชั่วโมง ทางด้านหน้างานจริงและ Monitor ผ่านระบบควบคุม

ระบบ Chiller มีการจดบันทึกข้อมูลค่าพารามิเตอร์การทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นลงในแบบฟอร์ม 6 รอบต่อวัน โดยช่วงเวลา (09.00น.) (11.00น.) (13.00น.) (15.00น.) (17.00น.) (19.00น.) นำมาเป็นข้อมูลเพื่อคำนวณค่าการใช้พลังงาน โดยจดค่า Set Point (℃) ค่าอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำเย็น วัดอุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้า Evaporator (℃) วัดอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกจาก Evaporator (℃) เปอร์เซ็นต์โหลดการทำงานของ Chiller อุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้า Condenser (℃) อุณหภูมิน้ำเย็นออกจาก Condenser (℃) และอัตราการไหลของน้ำเย็น (GPM)

เครื่องส่งลมเย็น AHU เก็บรวมรวมข้อมูลการเปิดเครื่องทำงานในชั้นที่มีการทำงาน ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) จำนวนชั่วโมงการใช้งานที่มีการเปิด

การวิเคราะห์ข้อมูล

แบ่งการวิเคราะห์โดยการ ปรับ Set Point อุณหภูมิน้ำ Chiller จากเดิม 7℃ เป็น 8-9℃ ปรับอุณหภูมิภายในสำนักงานจากเดิม 23+-1℃ เป็น 24+-1℃ กำหนดการเปิด-ปิด Chiller จากเดิม เปิดเวลา 05.30น. ตัวที่ 1 และ 06.30น. ตัวที่ 2 เปลี่ยนเป็นเปิดเวลา 06.00น. ตัวที่ 1 ทั้งนี้หากปริมาณโหลดมากจะเปิดเพิ่มอีก 1 ตัว วิเคราะห์ข้อมูลของเครื่องทำน้ำเย็น ของแต่ล่ะเครื่องนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดค่าการใช้พลังงานมาวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพ วิเคราะห์ข้อมูลการใช้ค่าพลังงานของเครื่องจักรปั๊มน้ำ นำค่าที่จดบันทึกประจำวันมาวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพ

วิเคราะห์ข้อมูลอุปกรณ์เครื่องจักรเครื่องส่งลมเย็นอุปกรณ์ท่อส่งลมแต่ละพื้นที่ภายในอาคารสำนักงานเพื่อหาประสิทธิภาพ วิเคราะห์รอบการเข้าบำรุงรักษาเครื่องส่งลมเย็นและหอผึ่งน้ำเย็น ขอความร่วมมือพนักงานในการนั่งปฏิบัติงานในชั้นและโซนเดียวกันเพื่อลดการเปิดระบบเครื่องปรับอากาศ ขอความร่วมมือพนักงานเมื่อเลิกปฏิบัติงานให้แจ้งฝ่ายอาคารเพื่อปิดระบบทันที และตรวจสอบวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิภายในสำนักงานทั้งก่อนการศึกษาและหลังการจัดการพลังงานเพื่อดูผลกระทบทั้งหมด

ผลการวิจัย

ผลการศึกษา จากการปรับเปลี่ยนเวลาการเปิด - ปิด เครื่องทำน้ำเย็นและการปรับอุณหภูมิเครื่องทำน้ำเย็นก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงสรุปได้ (ดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การปรับอุณหภูมิเครื่องทำน้ำเย็นก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	CH-01	CH-02
ภาระในการทำความเย็น (TR)	800	1,600
สมรรถนะก่อนปรับปรุง (kW/TR)	0.581	0.568
กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง (kW)	465.1	909.8
สมรรถนะหลังปรับปรุง (kW/TR)	0.563	0.537
กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง (kW)	338.2	688.2
กำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง	126.9	221.6
ชั่วโมงการทำงานต่อชุด จ-ศ 06.00-17.00น.	2,651 ชม./ปี	
พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นลดลง	12,352,000 kWh/ปี	
ค่าไฟฟ้า	3.14 บาท/kWh	
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	38,872,979.20/ปี	

การเปิด-ปิด เครื่องทำน้ำแข็ง (Glycol Chiller) จะเปิดเครื่องทำน้ำแข็งในช่วงเวลา Off Peak เป็นช่วงที่อัตราค่าไฟฟ้าต่ำ คือช่วงเวลา 22.00น. – 09.00น. มาผลิตน้ำแข็งเก็บไว้ แล้วนำน้ำแข็งมาใช้ในช่วงล่วงเวลาทำงาน หรือวันหยุดทำการ ที่มีขอการทำงานภายในอาคารสำนักงาน

ผลการดำเนินการ การประหยัดพลังงานด้านไฟฟ้าตามมาตรการสรุปได้ดังนี้คือ

1) มาตรการปรับเปลี่ยนเวลาการเปิด-ปิด เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) จากเดิมเปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ตัวที่ 1 ขนาด 1,600 RT เวลา 05.30น. ปิด 18.00น. และเปิดตัวที่ 2 ขนาด 800 RT เวลา 06.30 ปิด 21.00น. และได้ดำเนินการตามมาตรการโดยเปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ตัวที่ 1 เวลา 06.00น. ปิดเวลา 17.00น. หากปริมาณโหลดไม่เพียงพอก็จะเปิดตัวที่ 2 ขนาด 800 RT ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้ภายในอาคารสำนักงาน สามารถทำให้ประหยัดพลังงานที่เห็นผลได้อย่างชัดเจน

2) มาตรการปรับอุณภูมิเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) จากการดำเนินการปรับอุณภูมิของเครื่องน้ำทำเย็นมีผลต่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งจากแต่ก่อนมีการตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) อยู่ที่ 7 ℃ ตลอดเวลาที่เครื่องทำงาน เพื่อให้ได้อุณหภูมิของเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ที่จ่ายลมให้ในพื้นที่อาคารสำนักงานอยู่ที่ 23+-℃ และได้ดำเนินการตามมาตรการโดยปรับอุณภูมิของเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) อยู่ที่ 7 – 9 ℃ โดยเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) สามารถจ่ายลมให้ภายในพื้นที่อาคารสำนักงานอยู่ที่ 24+-℃ สามารถประหยัดพลังงานโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้พื้นที่ในอาคารสำนักงาน ทั้งนี้ภายใต้เงื่อนไขการปรับอุณภูมิตามสภาพอากาศภายนอก

3) มาตรการใช้ระบบกักเก็บความเย็นในช่วง On Peak หรือในช่วงวันปิดทำการแต่มีการขอใช้ระบบปรับอากาศ จากการดำเนินการตามมาตรการ จะใช้ระบบกักเก็บความเย็นในช่วงวันปิดทำการของอาคารสำนักงานแทนการใช้เครื่องทำเย็น (Water Chiller) โดยจะมีมาตรการ ผู้ขอใช้ภายในอาคารสำนักงานต้องได้รับการอนุมัติจากผู้บริหารในการขอใช้ระบบปรับอากาศ ทั้งการใช้ระบบกักเก็บความเย็นจะจ่ายให้ในพื้นที่โดยรักษาอุณภูมิภายในสำนักงานอยู่ที่ 24+-℃

จากการดำเนินการตามมาตรการทั้ง 3 มาตรการ โดยมีการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนดำเนินการระหว่างเดือน สิงหาคม - ธันวาคม 2019 อยู่ที่ 8,593,000 kWh เป็นเงิน 27,043,030 บาท หลังดำเนินการระหว่างเดือน สิงหาคม – ธันวาคม 2020 อยู่ที่ 5,741,000 kWh เป็นเงิน 18,067,501 บาท

สรุปผลงานวิจัย

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน เปรียบเทียบระหว่างปี 2019 กับ ปี 2020 ทำให้สามารถลดพลังงานการใช้ไฟฟ้าได้ต่อวัน 10,000 kWh คิดเป็นเงินอยู่ที่ 31,500 บาทต่อวัน สรุปผลได้ดังนี้

ผลการศึกษาการปรับเปลี่ยนเวลาการเปิด-ปิด เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) พบว่า สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน จากเดิมค่าการใช้ลังงานไฟฟ้า 60,000 kWh/วัน โดยประมาณคิดเป็นยอดเงิน 188,400 บาท/วัน ลดลงเหลือค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า 57,600 kWh/วัน โดยประมาณ คิดเป็นยอดเงิน 180,864 บาท/วัน ผลการศึกษาการปรับตั้งอุณหภูมิ Set point เครื่องทำน้ำเย็น (Water

Chiller) พบว่าการปรับเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องทำหน้าเย็น (Water Chiller) ตามมาตรการของอาคารสำนักงาน พบว่าสามารถลดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า 12,352,000 kWh/ปีโดยประมาณ คิดเป็นยอดเงิน 38,872,979.20 บาท/ปี ผลการศึกษาการเปิด-ปิด เครื่องทำน้ำแข็ง (Glycol Chiller) ในช่วง Off Peak และใช้ระบบกักเก็บความเย็นในช่วง OT หรือวันหยุดทำการ พบว่าการเปิด-ปิด เครื่องทำน้ำแข็ง (Glycol Chiller) ในช่วง Off Peak และใช้ระบบกักเก็บความเย็นในช่วง OT หรือวันหยุดทำการ ทำให้สามารถประหยัดพลังงานการใช้ไฟฟ้า 43,000 kWh/วัน โดยประมาณ คิดเป็นยอดเงิน 135,020 บาท/วัน

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กิตติพงค์ อาจหาญ, ณัทปภา จันทร์โสม และสิทธิศักดิ์ เริงฤทธิ์. (2560). การวิเคราะห์การจัดการระบบทำความเย็นขนาดใหญ่. *วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย*, 7 (พิเศษ), 249-253

บุญธรรม กล้าหาญ. (2561). *การลดการใช้พลังงานสำหรับอุปกรณ์เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำด้วยวิธีการบำรุงรักษาทวีผล กรณีศึกษาโรงงานผลิตนาฬิกา*. [การค้นคว้าอิสระวิศวกรรมศาสตรมาหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพฯ.

พรรณิภา เจียมศิริโรจน์. (2560). *ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเมื่อเปลี่ยนสารทำความเย็น*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อรุณ เอี่ยมสุรีย์. (2561). *การศึกษาเทคโนโลยีระบบ Heat Recovery Chiller กรณีศึกษาโรงแรม Jen hotel ประเทศมาเลเซีย* (รายงานผลการวิจัย). วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร

ภาษาอังกฤษ

Chao-Wei Yu, June-Wei Chen, and Yen-Lin Chen. (2020). *Integration of IoT and Enhanced LSTM framework for water-cooled chiller COP forecasting*. [Master's thesis]. National Taipei University of Technology, Taipei Taiwan.

Wenhong Yu, Weiwei Xu and Hui Li. (2021). *Test Research on Air-conditioning Water Chiller of an Office Building School of civil engineering*. [Master's thesis]. Nort China University of Technology, China.

Xuan Vien Nguyen. (2 0 2 1) . *Fabrication and Performance Evaluation of Cold Thermal Energy Storage Thanks Operating in Water Chiller Air Conditioning System*. [Pamphlet]. Engergies, Basel.

Yixing-Chen, Chuhao Yang, Xiao Pan and Da Yan. (2020). *Design and operation optimization of multi-chiller plants based on energy performance simulation*. [Master's thesis]. College of Civil Engineering, Hunan University, China.