การจัดการพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ของอาคารสำนักงาน

THE MANAGEMENT ON THE ELECTRIC POWER OF CENTRIFUGAL CHIILLERS IN THE OFFICE BUILDING

จักรกฤษ สีหะราช[1]

รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการทำงานและการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ในช่วงการทำงานสถานการณ์โควิด 19 ที่มีความต้องการความเย็นที่ลดลงในขณะที่อาคารสำนักงานทำการเดินเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ขนาด 300 ตันทำให้เครื่องทำน้ำเย็นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงแต่ทำน้ำเย็นออกมาได้น้อย ส่งผลให้ประสิทธิภาพต่อตันความเย็นของข้างสูงกว่าค่ากำหนดของ ASHRAE/IES Standard 90.1-2010 โดยได้ทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตน้ำเย็นแบบรวมศูนย์โดยคิดเฉพาะห้องเครื่องไม่รวมในส่วนของ AHU โดยทำการวัดค่าพารามิเตอร์ในส่วนของ เครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์, เครื่องส่งน้ำเย็น,น้ำหล่อเย็น เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ตามที่ต้องการแล้วจึงทำการจำลองการทำงานเครื่องทำน้ำเย็น ในช่วงเวลานั้น ๆ เพื่อทำการคำนวณอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ และทำการทดสอบการทำงานเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความต้องการความเย็นที่มีอยู่ในสถานการณ์โควิด 19 หรือช่วงเวลาที่ความต้องการความเย็นน้อยกว่าปกติ

คำสำคัญ: การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า, เครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์, ASHRAE/IES Standard 90.1-2010

---

[1] นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

[2] ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคลหลัก

ABSTRACT

This research study was conducted to compare the operation and power management of centrifugal chiller. During the Covid-19 situation, with reduced cooling demands as office buildings run a 300-ton centrifugal chiller, the chiller has a high electricity consumption but cools the water. Come less as a result, the efficiency per ton of cold water is higher than the ASHRAE/IES Standard 90.1-2010. Various parameters related to the centralized chilled water production system were measured by considering only the plant room chiller, not including the AHU by measuring the parameters in the section Centrifugal water chiller, chilled water dispenser, Coolant Once the required parameters are obtained, the chiller operation is simulated. during that time to calculate the electrical power consumption of the equipment and perform a functional test to determine the optimum working value of the centrifugal chiller to reduce the use of electricity to suit the cooling demand that exists in the Covid-19 situation or during the period when the cooling demand is less than usual.

Keywords: Electrification Management, Centrifugal Chiller, ASHRAE/IES Standard 90.1-2010

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในการอยู่อาศัยหรือการปฏิบัติงานภายในอาคารสำนักงาน จำเป็นต้องมีเครื่องปรับอากาศหรือระบบปรับอากาศเข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในการลดอุณหภูมิเพื่อความสุขสบายของผู้อยู่อาศัยหรือผู้ปฏิบัติงานภายในอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูร้อนจะส่งผลให้เกิดความต้องการต่อระบบปรับอากาศที่สูงขึ้นและมีผลกระทบไปยังการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นกว่าปกติ เนื่องจากผู้อยู่อาศัยหรือผู้ปฏิบัติงานมักมีความต้องการความสุขสะบายในการทำงานโดยใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ และมีเครื่องทำน้ำเย็นเป็นศูนย์กลางส่งจ่ายน้ำเย็นไปยังส่วนต่าง ๆ ของอาคารเพื่อให้ผู้อยู่อาศัยหรือพนักงานได้รับความเย็นจากเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์เป็นระบบที่อาศัยการทำงานของอุปกรณ์หลายชนิดทำงานรวมกัน เพื่อประกอบขึ้นมาเป็นระบบ อาศัยการผลิตน้ำเย็นจากเครื่องผลิตน้ำเย็น (Chiller) และส่งต่อไปยังบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์นั้นดูได้จากความต้องการความเย็นของพื้นที่ในบริเวณนั้น ๆ โดยอาศัยการประมาณภาระการทำความเย็นในการออกแบบหาขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น (Chiller) เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงมากและยังมีอุปกรณ์อื่น ๆที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงอีกหลายอุปกรณ์ เช่นหอทำน้ำเย็น(Cooling Tower) เครื่องส่งน้ำ(Pump)และเครื่องส่งลมเย็น(AHU) เป็นต้น

เนื่องด้วยปัญหาในปัจจุบันที่เกิดเหตุการณ์ระบาดของโรค โควิด 19 มีผู้ติดเชื้อจำนวนมาก กระจายไปทั่วทุกพื้นที่ จนมีผลให้รัฐบาลต้องมีการประกาศใช้ พรก.ฉุกเฉิน พ.ศ. 2548 . (ฉบับที่ 1) มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2563 เป็นต้นมา ให้มีการปิดกั้นพื้นที่แออัดหรือปิดกิจการสถานที่ ที่มีความเสี่ยงต่อการติดต่อของโรค ส่งผลให้บริษัทหรืออาคารต่าง ๆ ที่ให้บริการในด้านเปิดเช่าสถาณที่เพื่อทำธุรกิจสำนักงาน หรือห้างสรรพสินค้าและโรงแรมต่าง ๆต้องมีการออกมาตรการให้พนักงานทำงานที่บ้าน หรือมีการแบ่งกลุ่มเพื่อสลับวันในการทำงานเพื่อลดความเสี่ยงในการแพร่ระบาดของโรค ทำให้อาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้าและโรงแรมต่าง ๆที่มีการใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ต้องมีการปรับลดการใช้พลังงานลงเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการความเย็นและความต้องการอื่น ๆ ที่ยังคงมีอยู่ในสถานที่นั้น ๆ แต่เมื่อนำข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารในภาพรวมทั้งหมดมาเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองจะไปตกอยู่ในส่วนระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์เพราะเมื่อความต้องการความเย็นของอาคารลดลงแล้ว ยังพบว่ามีอัตราส่วนการใช้พลังงานที่ค่อนข้างสูง ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยในส่วนของระบบปรับอาศและมุ่งเป้าไปที่ระบบผลิตน้ำเย็นแบบรวมศูนย์เป็นหลักเนื่องจากระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์เป็นระบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากมีอัตราส่วนร้อยละ 65 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคารสำนักงานขนาดใหญ่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาแนวทางการลดการใช้พลังงานของเครื่องผลิตน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ในอาคารสำนักงาน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องผลิตน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์
2. ศึกษาทำงานของอุปกรณ์สำคัญของระบบผลิตน้ำเย็น
3. ศึกษาความต้องการภาระทำความเย็น ในพื้นที่ปรับอากาศ เพื่อสอดคล้องกับการผลิตน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์
4. ศึกษาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของชิ้นส่วนสำคัญของระบบผลิตน้ำเย็น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Chiller Plant) ที่เหมาะสมกับสถานการณ์โควิด 19 หรือสถานการณ์ที่อาคารสำนักงานมีค่าความต้องการความเย็นที่น้อยลง ‘

2. ข้อเสนอและแนวทางปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ในช่วงสถานการณ์โควิด 19 หรือสถานการณ์ที่อาคารสำนักงานมีค่าความต้องการความเย็นที่น้อยลง เพื่อสนับสนุนแผนลดใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงาน ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปขยายผลใช้กับอาคารสำนักงานอื่น ๆ หรือศูนย์การค้าอื่น ๆ ที่มีการใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ได้

3. เสริมสร้างความร่วมมือทางวิชาการกับสถานประกอบการ อาคารสำนักงานกับผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาโครงการวิจัยร่วมและจัดทำต้นแบบของการปรับลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ที่เหมาะสมกับช่วงสถานการโควิด 19 หรือสถานการณ์ที่อาคารสำนักงานมีค่าความต้องการความเย็นที่น้อยลง

4. ผลลัพธ์จากการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารสำนักงานหรือศูนย์การค้าอื่น ๆ ที่มีการใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติพงศ์ อาจหาญ(2560) การวิเคราะห์การจัดการระบบทาความเย็นขนาดใหญ่ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อวิเคราะห์ระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ โดยมี กลุ่มตัวอย่าง คือเครื่อง ทำความเย็นขนาด 200 ตัน ยี่ห้อ YORK ที่ติดตั้งอยู่ภาย ใน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 3 ชุด อายุการ ใช้งาน 15 ปี การวัดทำโดยการเก็บข้อมูล ค่าพลังงาน ,ค่าอัตราการไหลของน้ำในท่อ และค่าอุณหภูมิ เก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูล บันทึกข้อมูลทุก ๆ 5 นาที เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากเครื่องทำความเย็น ชนิด ระบายความร้อนด้วยน้ำ จำนวน 3 เครื่อง ข้อมูลที่ได้มาจะถูกจัดเก็บจากการทดลองได้ค่าประสิทธิภาพของ เครื่องทำความเย็น ทั้ง 3 ชุด อยู่ในช่วงระหว่าง 0.88-1.16 kW/Ton ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ ค่าประสิทธิภาพแนะนำของ ASHRAE อยู่ในช่วง ประสิทธิภาพ ที่ควรจะต้องมีการปรับปรุง โดยหาก เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น รุ่นใหม่นั้น จะมีค่าประสิทธิภาพ อยู่ในช่วง ระหว่าง 0.5-0.7 kW/Ton

ชลทิศ ประเทืองสุขพงษ์(2560) การหาปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นรายเดือน-รายปี2558 ทำการเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้ามาจาก มิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของ CDP, CHP, Cooling Tower, AHU และ Chiller จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหา ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของพื้นที่ทั้งหมด

เพื่อหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน-รายปี 2558 ของอาคารสำนักงาน จากนั้นวิเคราะห์หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็นที่เหมาะสม จากการคำนวณผล ประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นพบว่า สามารถลดภาระการทำความเย็นลงได้ ทำให้ทราบว่าในปัจจุบัน อาคารมีปริมาณอากาศระบายมากเกินไป ซึ่งหากลดปริมาณอากาศระบาย ได้จะส่งผลให้ Load Profile ตลอดทั้งปีลดลงภาระการทำความเย็นสูงสุดลดลง การเลือกขนาดเครื่องทำน้ำเย็นจึงลดลง สรุปได้ว่าเมื่อพิจารณาผลการประหยัดพลังงานจากการ ปรับปรุงในแต่ละกรณี จะพบว่า ทุก ๆ กรณี Magnetic Bearing Chiller ให้ผลประหยัดมากที่สุด สาเหตุที่ Magnetic Bearing Chiller ให้ผลการประหยัดพลังงานสูงสุดเป็นเพราะการใช้งานจริงเครื่องทำน้ำเย็นจะทำงานที่ Part Load เป็นส่วนใหญ่ซึ่งในช่วง Part Load นี้ Magnetic Bearing Chiller มีประสิทธิภาพ ทางพลังงานดีกว่าเครื่องทำน้ำเย็นชนิดอื่น ๆ ดังนั้นจึงให้ผลการประหยัดพลังงานดีที่สุดในทุก ๆกรณี

พจน์ชววัฒน์ เลาะเลิศสุข (2556) การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสูง กรณีศึกษา: ระบบปรับอากาศ โรงแรมโนโวเทล แพลตินั่ม กรุงเทพ ทำการตรวจสอบวัดการใช้พลังงานของกระบวนการต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์การใช้พลังงาน นำค่าที่ได้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและประเมินผลการประหยัดพลังงานและวิเคราะห์ค่าพลังงาน การศึกษาในส่วนของเครื่องทำน้ำเย็นหรือและเครื่องส่งน้ำระบายความร้อน ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานประกอบด้วยใช้ไฟฟ้าเครื่องทำน้ำเย็น, การใช้ไฟฟ้าของเครื่องส่งน้ำเย็น เมื่อทำการสำรวจและตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นพบว่า มีการควบคุมดูแลระบบทำความเย็นและปรับอากาศที่ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูงและใช้งานเครื่องจักรอุปกรณ์ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ การควบคุมการเดินเครื่องใช้งานต้องได้รับการจัดลำดับการใช้งานใหม่ตามภาระโหลด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดทั้งด้านการใช้พลังงานและประสิทธิภาพของเครื่อง สรุปผลการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและทำความเย็นในอาคารต่าง ๆ จะเกิดผลสูงสุดเมื่อมีการวางแผนงานอย่างเป็นระบบ เริ่มตั้งแต่การออกแบบและการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงจะสามารถประหยัดพลังงานได้อย่างมาก

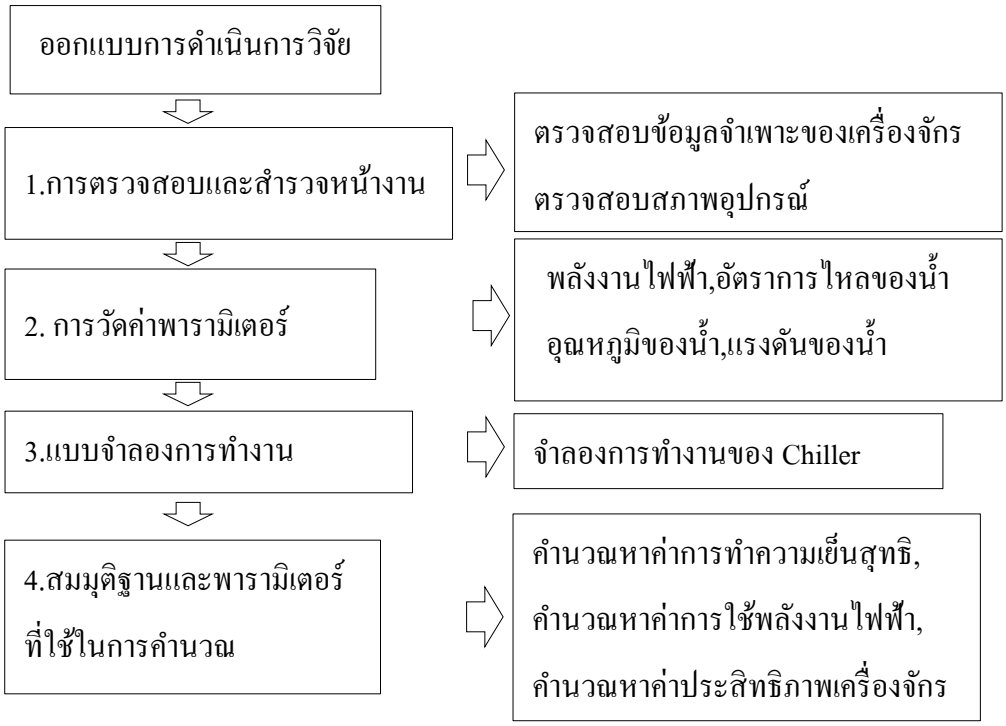
ธนิต คล้ายอุทัย (2557) การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ กรณีศึกษา : อาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลภายในอาคาร โดยการวัดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารบริเวณโถง OPD ทั้งก่อนและหลังการทำการวิจัย และทำการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นโดยจดบันทึกค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องและนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น ผลการศึกษาพบว่า การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น ของเครื่องทำน้ำเย็น กำหนดเวลาเปิด-ปิดเครื่องส่งลมเย็น และมาตรการที่ต้องมีการลงทุน ได้แก่ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น ประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องเดิม เพื่อหาแนวทางลดความสูญเสีย พลังงานไฟฟ้า โดยไม่ให้มีผลกระทบกับผู้ใช้บริการและพนักงานที่ทำงาน ผลการศึกษามาตรการที่ ไม่มีการลงทุน ได้แก่ มาตรการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น เพิ่มขึ้น 1 (°F) มาตรการกำหนดเวลา เปิด – ปิด เครื่องส่งลมเย็น สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จริง และมาตรการที่มีการลงทุน ได้แก่ การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูงทดแทน เครื่องเดิม สามารถลด

การใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยที่การปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ จะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4.7 ปี ซึ่งต่ำกว่าอายุโครงการคือ 10 ปี ซึ่งสอดคล้องกับมาตรการประหยัดพลังงานของกรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

จากผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ สามารถแบ่งออกได้หลายส่วนและหลากหลายวิธีการและสิ่งที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานคือเครื่องทำน้ำเย็น เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใชพลังงานไฟฟ้าที่สูงที่สุดในระบบปรับอากาศ เมื่อมีการวางแผนการเดินเครื่องที่ดีหรือการปรับลดค่า Cooling Setpoint หรือมีการเดินเครื่องอุปกรณ์ประกอบเช่น เครื่องส่งน้ำหรือหอผึ่งน้ำตามขนาดและตามความต้องการของภาระความต้องการความเย็นที่เหมาะสม ก็จะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นลดลงในขณะที่ภาระความต้องการความเย็นยังคงมีค่าเท่าเดิม

วิธีดำเนินการวิจัย

การทำการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการผลิตน้ำเย็นให้กับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ รวมถึงการศึกษาค่าการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น, เครื่องส่งน้ำเย็น, เครื่องส่งน้ำหล่อเย็น ,และหอผึ่งน้ำ ที่เป็นอุกรณ์หลักในระบบผลิตน้ำเย็น ซึ่งระเบียบวิธีวิจัยในการทำการวิจัยในครั้งนี้ มีลำดับขั้นตอนดัง ภาพที่ 1

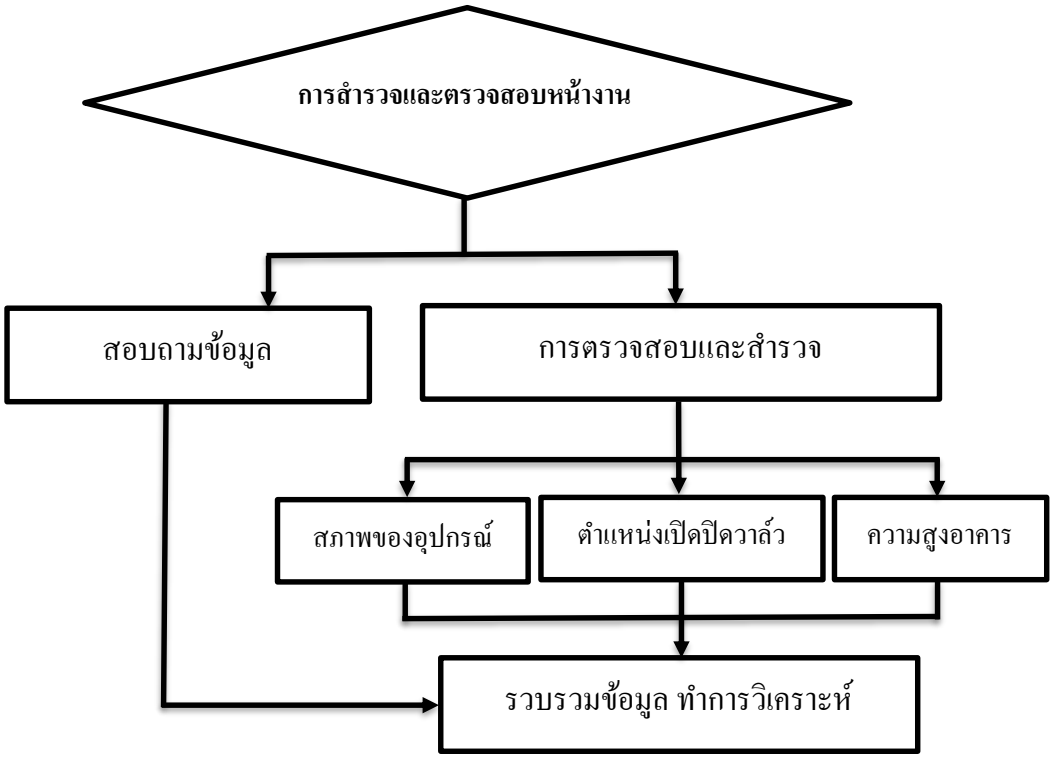


ภาพที่ 1 ระเบียบวิธีวิจัยการลดการใช้พลังงานระบบผลิตน้ำเย็นแบบรวมศูนย์

1. การตรวจสอบและสำรวจหน้างาน

การตรวจสอบและสำรวจพื้นที่หน้างานและการตรวจสอบสภาพการทำงานของอุปกรณ์ที่สำคัญของระบบผลิตน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ภายในห้องเครื่องดัง ภาพที่ 2

- ตรวจสอบข้อมูลจำเพาะของเครื่องจักร จากหนังสือคู่มือหรือแผ่นป้ายบ่งชี้ที่ติดไว้กับเครื่องในระบบผลิตน้ำเย็นและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบ
- ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์เครื่องจักรและวาล์วต่าง ๆ และตำแหน่งการเปิดปิดของวาล์ว รวมถึงแนวท่อข้อต่อข้องอต่าง ๆ ที่อาจมีผลต่อระดับแรงดันน้ำภายในระบบผลิตน้ำเย็น
- สอบถามข้อมูลการใช้งานของระบบ ระยะเวลาเปิด ปิดอย่างไร เปิดใช้งานจำนวนเท่าไรใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการเปิด
- ตรวจสอบความสูงของอาคารเพื่อนำมาคำนวณและแปลงค่าจากความสูงเป็นแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำในระบบ



ภาพที่ 2 แผนผังการตรวจสอบและสำรวจหน้างาน

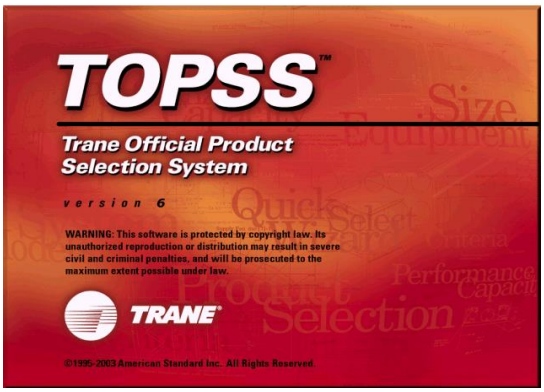
2. การวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบผลิตน้ำเย็นแบบรวมศูนย์

การตรวจวัดค่าพารามิเตอร์และค่าพลังงานของระบบผลิตน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ ในระบบปรับอากาศของอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ ทำการสำรวจจากข้อมูลการใช้ไฟเฉพาะในส่วนของห้องเครื่องระบบ

ผลิตน้ำเย็นและตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น,เครื่องส่งน้ำเย็น,น้ำหล่อเย็นและหอผึ่งน้ำ โดยใช้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าหรือใช้ Data Logger เพื่อทำการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานในทุกช่วงเวลา เพื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานของระบบและเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับข้อมูลจำเพาะของเครื่องจักร

3. แบบจำลองการทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น

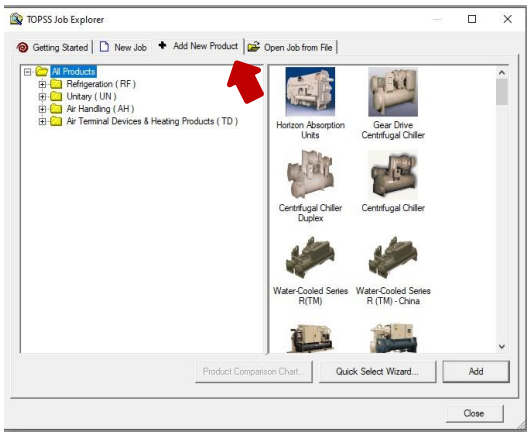
หลังจากทำการวัดค่าพารามิเตอร์ข้างต้นแล้ว นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาทำการจำลองการทำงานของ เครื่องทำน้ำเย็นโดยโปรแกรม TOPSS ดังภาพที่ 3-4 เพื่อจะได้ทราบถึงการทำงานในภาระโหลดที่เหมาะสมกับเครื่องผลิตน้ำเย็น เช่นอัตราการไหลของน้ำเย็นและน้ำหล่อเย็นที่เครื่องผลิตน้ำเย็นต้องการเท่าไร และเมื่อเราตรวจวัดอัตราการไหลของระบบแล้วพบว่าค่าของอัตราการไหลที่ระบบทำได้ มากไปหรือน้อยไป เพียงพอและเหมาะสมตามความต้องการของเครื่องผลิตน้ำเย็นหรือไม่ และเป็นการทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอีกด้วย



ภาพที่ 3 แสดงค่าการจำลองการทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น(Chiller)(1)

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมจำลองการทำงานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

1. เปิดโปรแกรม TOPSS ซึ่งเป็นโปรแกรมจำลองการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น
2. เลือก ที่หัวข้อ Add New Product เพื่อสร้างงานที่เราต้องการ
3. เลือกชนิดของอุปกรณ์ที่เราต้องการ ตามรุ่นที่เราทำการวัดค่ามา



ภาพที่ 4 แสดงค่าการจำลองการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น(Chiller)(2)

4. นำค่าที่ได้จากการวัดมา กรอกลงในช่องว่างที่ต้องการจนครบ

5. เมื่อกรอกข้อมูลที่วัดมาจนครบ ให้กดเครื่องหมาย Drop Down ตรงไอคอนรูปกราฟ แล้วคลิกปุ่ม RUN สีเขียว เพื่อให้โปรแกรมประมวลผลออกมา

6. เมื่อโปรแกรมแสดงผลออกมาแล้ว อาจจะมีข้อมูลออกมาให้เราเลือกหลายรุ่น ที่ใกล้เคียงกัน ให้เราทำการเลือกรุ่นที่มีค่าใกล้เคียงกับเครื่องเดิมมากที่สุด

7. จากนั้นให้บันทึกข้อมูลเฉพาะรุ่นที่เราต้องการ และทำการเลือกรีพรอตที่เป็นตาราง เพื่อนำค่าที่ได้จากการจำลองการทำงาน ไปใช้ในการวิเคราะห์หาวิธีการลดการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับสภาวะโหลดความต้องการความเย็นในช่วงสถานการณ์ โควิด 19

หลังจากที่ได้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากการจำลองการทำงานและการตรวจวัดแล้ว นำพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่สปอตเช็คหรือ Data Logger เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและปรับแก้การทำงานของอุปกรณ์ประกอบระบบผลิตน้ำเย็นให้เหมาะสมกับค่าความต้องการของเครื่องผลิตน้ำเย็น เพื่อให้ได้ค่าที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานและเพื่อผลประหยัดที่เพิ่มขึ้น

4. สมมุติฐานและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

อาคารสำนักงานได้มีการเปิดใช้งานเครื่องผลิตน้ำเย็นขนาด 300 ตัน ปั๊มส่งน้ำเย็น 45 kW และปั๊มส่งน้ำหล่อเย็น 30 kW ซึ่งเป็นระบบผลิตน้ำเย็นชุดเล็ก ที่มีกำลังผลิตน้ำเย็นที่ 300 Ton เนื่องด้วยช่วงเวลาที่ทำการวิจัยนั้น เป็นช่วงสถานการณ์โควิด 19 ที่มีมาตรการป้องกันโควิดของสำนักงานภายในอาคารให้พนักงานทำงานที่บ้าน จึงทำให้ความต้องการความเย็นของอาคารลดน้อยลง

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 300T

อุณหภูมิน้ำเย็น ด้านเข้า	=	11.43	°C
อุณหภูมิน้ำเย็น ด้านออก	=	7.56	°C

อัตราการไหลของน้ำเย็น	=	55.00	L/s
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ด้านเข้า	=	32.28	°C
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ด้านออก	=	35.95	°C
อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น	=	71.17	L/s
พลังงานไฟฟ้า	=	160.89	kW

เมื่อได้ข้อมูลจากการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดแบบ Spot Check จึงทำการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น ได้จากสมาการต่อไปนี้

คำนวณหาการทำความเย็นสุทธิของเครื่องผลิตน้ำเย็น (Cooling Capacity)

โดยสมการ

$$Q_c = 1.2 \times F \times (T_{in} - T_{out})$$

โดยที่ Q_c = ตันความเย็นสุทธิ (Ton)

F = อัตราการไหลของน้ำเย็น (ลิตร/วินาที) (l/s)

T_{in} = อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็น (°C)

T_{out} = อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาออกเครื่องทำน้ำเย็น (°C)

$$Q_c = 1.2 \times 55 \times (11.43 - 7.56)$$

$$Q_c = 255.42 \quad \text{Ton}$$

ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (CHP) คืออัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) กับขีดความสามารถทำความเย็นสุทธิรวมของเครื่องทำน้ำเย็น หน่วยเป็นตัน (Ton)

$$\text{CHP} = \frac{\text{kW}}{\text{Ton}}$$

$$\text{CHP} = \frac{160.89}{255.42}$$

$$\text{CHP} = 0.63 \quad \text{kW/Ton}$$

ผลการวิจัย

หลังจากที่ทำการจำลองการทำงานของ Chiller จะทราบถึงค่าอัตราการไหลที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการของ Chiller คืออัตราการไหลของน้ำเย็นเท่ากับ 45.2 L/s และอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น เท่ากับ 59.9 L/s แต่ในปัจจุบัน อัตราการไหลของน้ำเย็นและน้ำหล่อเย็น มีค่าเกินความต้องการของ Chiller ผู้วิจัยจึงได้ทำการตรวจสอบไปยังตัวเครื่องส่งน้ำทั้งสองชุดถึงสาเหตุที่ทำให้มีอัตราการไหลที่มากเกินความต้องการของ Chiller และพบข้อมูลการใช้งานดังต่อไปนี้

1. เปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ขนาด 300 ตัน และเครื่องส่งน้ำเปิดวาล์วน้ำเข้าและออกที่ตำแหน่ง 100 เปอร์เซ็นต์ ตั้งค่า Setpoint อุณหภูมิ ที่ 7.22 C°

2. เปิดเครื่องส่งเย็น Chilled Water Pump 45 kW โดยใช้เครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (VSD)ที่ความถี่ 45 Hz เปิดวาล์วด้านดูดที่ตำแหน่ง 100 เปอร์เซ็นต์ เปิดวาล์วด้านปล่อยที่ตำแหน่ง 60 เปอร์เซ็นต์

3. เปิดเครื่องส่งเย็น Condenser Water Pump 30 kW โดยใช้เครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (VSD)ที่ความถี่ 45 Hz เปิดวาล์วด้านดูดที่ตำแหน่ง 100 เปอร์เซ็นต์ เปิดวาล์วด้านปล่อยที่ตำแหน่ง 60 เปอร์เซ็นต์

จากการเปิดวาล์วด้านปล่อยของเครื่องส่งน้ำ ทำให้เกิดการอั้นของน้ำทำให้อัตราการไหลของน้ำค่อนข้างต่ำทางด้านช่างอาคารจึงได้ปรับค่า VSD ให้ทำงานที่ความเร็วรอบสูงเพื่อเร่งอัตราการไหลและความดันน้ำสูงจนเกินค่าที่ Chiller ต้องการและยังส่งผลให้มีการใช้ไฟฟ้าที่สูงตามความเร็วรอบที่ VSD ทำงานอีกด้วย

ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยโดยการปรับตำแหน่งการเปิดวาล์วด้านปล่อยของเครื่องส่งน้ำเย็น ให้เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และทำการปรับลดความเร็วรอบของ VSD ลงจากเดิมอยู่ที่ 45 Hz ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 32 kW ได้ความดันน้ำ 51 Psi และ อัตราการไหล 55 L/s ให้เป็น 35 Hz และทำการตรวจวัดค่าอัตราการไหลของน้ำ และวัดค่าความดันน้ำ พบว่า มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง เหลือ 14.05 kW ได้ความดันน้ำ 51 Psi และอัตราการไหล 44.5 L/s ซึ่งเป็นค่าอัตราการไหลที่เพียงพอต่อความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ขนาด 300 Ton

ทำการเช่นเดียวกันกับเครื่องส่งน้ำหล่อเย็นที่จากเดิมเปิดวาล์วด้านปล่อยของเครื่องส่งน้ำ จาก 60 เปอร์เซ็นต์ ให้เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และปรับลดความเร็วรอบมอเตอร์(VSD) ลงจากเดิม 45 Hz ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 19 kW ได้ความดันน้ำ 30 Psi และ อัตราการไหล 69 L/s ให้เป็น 30 Hz และทำการตรวจวัดค่าอัตราการไหลของน้ำ และวัดค่าความดันน้ำ พบว่า มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง เหลือ 10.5 kW ได้ความดันน้ำ 28 Psi และอัตราการไหล 57.8 L/s ซึ่งเป็นค่าอัตราการไหลที่เพียงพอต่อความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ขนาด 300 Ton

ผลการวิเคราะห์การวิจัยปรับปรุงแก้ไขการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบผลิตน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ในช่วงพาร์ทโหลด โควิด 19 เพื่อปรับลดการใช้พลังงานและหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องจักร เพื่อให้เครื่องจักรนั้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการนำเอาค่าอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์หลัก ๆ ในห้องเครื่องระบบผลิตน้ำเย็น จากเครื่องมือบันทึกค่าที่ได้เก็บรวบรวมในช่วงก่อนทำการวิจัย เป็นตัวตั้งต้นและนำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังทำการวิจัยมาหักลบกันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการตรวจวัดและวิเคราะห์

รายละเอียด	ค่าก่อนดำเนินการ	ค่าหลังดำเนินการ	ผลประหยัด
รวม kWh/Year ของ CH	397,423.00	362,843.00	34,580.00
รวม kWh/Year ของ CHWP	87,759.10	38,173.85	49,585.25
รวม kWh/Year ของ CDWP	47,918.00	25,935.00	21,983.00
ผลรวม kWh/Year	**533,100.10**	**426,951.85**	**106,148.25**
รวมราคาค่าไฟ Baht/Year CH	1,732,952.57	1,582,167.38	150,785.18
รวมราคาค่าไฟ Baht/Year CHWP	380,040.29	165,311.64	214,728.64
รวมราคาค่าไฟ Baht/Year CDWP	208,945.18	113,088.89	95,856.29
ผลรวม Baht/Year	**2,321,938.03**	**1,860,567.91**	**461,369.82**

สรุปผลงานวิจัย

จากการวิจัยการลดการใช้พลังงานในระบบผลิตน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ เฉพาะในส่วนของห้องเครื่องผลิตน้ำเย็น ครั้งนี้ ได้ข้อสรุปดังนี้

1. การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องผลิตน้ำเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ขนาด 300 Ton มีอัตราการใช้พลังงานที่ลดลงจากเดิม ใช้พลังงานงานอยู่ที่ 397,423.00 kWh/Year เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 1,732,952.57 Baht/Year หลังปรับลดการใช้งาน เหลือใช้พลังงาน อยู่ที่ 362,843.00 kWh/Year เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 1,582,167.38 Baht/Year ลดลง 34,580.00 kWh/Year เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 150,785.18 Baht/Year

2. การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องส่งน้ำเย็น ขนาด 45 กิโลวัตติ มีอัตราการใช้พลังงานที่ลดลงจากเดิม ใช้พลังงานงานอยู่ที่ 87,579.10 kWh/Year เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 380,040.29 Baht/Year หลังปรับลดการใช้งาน เหลือใช้พลังงาน อยู่ที่ 38,173.85 kWh/Year เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 165,311.64 Baht/Year ลดลง 49,585.25 kWh/Year เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 214,728.64 Baht/Year

3. การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องส่งน้ำหล่อเย็น ขนาด 30 กิโลวัตติมีอัตราการใช้ พลังงานที่ลดลงจากเดิมใช้พลังงานงานอยู่ที่ 47,918.00 kWh/Year เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 208,945.18 Baht/Year หลังปรับลดการใช้งาน เหลือใช้พลังงาน อยู่ที่ 29,442.40 kWh/Year เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 128,382.81 Baht/Year ลดลง 18,475.60 kWh/Year เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 80,562.37 Baht/Year

ผลรวมการใช้พลังงานของระบบผลิตน้ำเย็นเฉพาะในส่วนของห้องเครื่องหลังดำเนินการ มีการใช้พลังงานรวม 430,459.25 kWh/Year มีค่าประสิทธิภาพต่อตันความเย็นรวม เท่ากับ 0.748 kW/Ton

ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเครื่องปรับอากาศเฉพาะเครื่องปรับอากาศแบบแรงเหวี่ยง หนีศูนย์ เครื่องส่งน้ำเย็นและเครื่องส่งน้ำหล่อเย็น รวมหลังทำการวิจัย เท่ากับ 102,640.85 kWh/Year คิดเป็นเงิน อยู่ที่ 446,076.20 Baht/Year

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กิตติพงค์ อาจหาญ , ณัทปภา จันทร์โสม, สิทธิศักดิ์ เริงฤทธิ์ .(2560*). การวิเคราะห์การจัดการระบบทำความเย็นขนาดใหญ่.*วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเซีย ปีที่ 7 ฉบับพิเศษ

ธนิต คล้ายอุทัย .(2557) .*การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ กรณีศึกษา : อาคารโรงพยาบาลพระรามเก้า.*สารนิพนธ์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

พจน์ชววัฒน์ เลาะเลิศสุข , ศักดิ์ชาย รักการ, ปพน สีหอมชัย.(2556*). การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสูง กรณีศึกษา: ระบบปรับอากาศ โรงแรมโนโวเทล แพลตินั่ม กรุงเทพ.* หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

สุธิกานต์ วงษ์เสถียร.(2548). *เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ภาคทฤษฎี).* พิมพ์ครั้งที่ 1 ปทุมธานี : โรงพิมพ์สกายบุ๊กส์,2548

ภาษาต่างประเทศ

Chonlathis Phateangsuksomphong (2560). *Energy Consumption Determination of Water Chiller.* Monthly-Yearly 2015

Kittiphong Ajharn, Natpapha Jansom,Sittisuk Ruengrit (2017). *Analysis of Management of Chiller Water Cooled Systems*

Phochawat Lhoalaossuk, Sakchai Rugkran, Phaphon SrihomChai, (2013) *Electrical Energy Reduction for High Rise Building Case Study: The Air Conditioning System of Novotel*

Suttikran Wongsatrean(2005) Refrigeration and Air Conditioning (Theory) 1st Edition. ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2010 Performance Rating Method Reference Manual May 2016

Thanit Klayuthai(2014) The Study of Mega Air-Conditioning System for Energy Saving Case Study of the Rama Nine Hospital Building