

การเปรียบเทียบระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ชนิด Magnetic Oil Free Chiller  
กับชนิด Water Chilled Chiller แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง  
Comparing Large-Scale Air-Conditioning Systems of Magnetic Oil Free Chiller  
with Centrifugal Water Chilled Chiller

บุญส่ง มหาสินธุ์<sup>1</sup>

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านเครื่องทำความเย็นสำหรับอาคารและโรงงานได้มีการพัฒนา ให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพการทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทั้งเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษา เช่น เครื่องปรับอากาศชนิด Magnetic Chiller โดยทางภาครัฐได้มีส่วนเข้ามาส่งเสริมให้การสนับสนุนทุนจัดซื้อจัดหาเครื่องทำความเย็น ที่มีประสิทธิภาพสูงดังกล่าวผ่านกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน โดยระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ประสิทธิภาพสูงชนิด Magnetic Oil Free Chiller มีความสามารถเดินเครื่องได้ต่ำในระดับ 20 ถึง 40% ของภาระโหลดเครื่องและมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 0.55 kW/TR เมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่แบบ Water Chiller ชนิด Compressor แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหรือชนิดใช้คอมเพรสเซอร์ชนิดสกรู ซึ่งระบบจะไม่สามารถเดินเครื่องในสภาวะโหลดของเครื่องที่ต่ำกว่า 40% โดยหน่วยงานอาคารอาคารสมเด็จพระเทพรัตน์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี ได้ทำการเข้าร่วมโครงการ ผ่านกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ดำเนินการจัดเปลี่ยนเครื่อง Chiller ขนาด 800 TR จำนวน 2 เครื่องเป็นชนิด Magnetic Oil Free Chiller

ผลการศึกษาพบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นชนิด Magnetic Oil Free Chiller มีการลดค่าพลังงานไฟฟ้า ลงได้มากกว่า 1,519,575 kW/Hr ต่อปี คิดเป็นเงิน 5,995,211 บาทต่อปี และสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนงานจัดเปลี่ยนอะไหล่ลงไม่ต่ำกว่าปีละ 359,333 บาท ตลอดอายุการใช้งานเครื่อง ระยะเวลา 15 ปี เมื่อประเมินจุดคืนทุนจะมีระยะเวลาคืนทุนที่ 4.91 ปี ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำข้อมูลหลักที่ได้มาประเมินงานติดตั้งเครื่อง Chiller ใหม่ขนาด 1,200 TR ให้แก่สถาบันการแพทย์จักรีนฤเบดินทร์ เพื่อนำเสนอทางเลือกในการอนุมัติจัดซื้อและติดตั้งต่อไป

**คำสำคัญ:** Magnetic Oil Free Chiller , สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น, การตรวจวัดและวิเคราะห์เครื่องทำน้ำเย็น

<sup>1</sup> นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

<sup>2</sup> ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลัก

## ABSTRACT

Presently, refrigeration technology for buildings and factories has been developed to provide air-conditioning systems with high cooling efficiency, saving electricity and maintenance costs such as magnetic chiller. The government has contributed to promoting and providing support for the procurement of refrigeration equipment with high efficiency through the Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy through high efficiency air-conditioning system with magnetic oil free chiller, which is capable to operate at low level of 20 to 40% of load and having electricity consumption lower than 0.55 kW/TR when compared with large air-conditioning water chiller with centrifugal compressor or screw compressor that the system will not be able to run with load below 40%. Somdej Phra Thepparat Building, Faculty of Medicine, Ramathibodi Hospital has joined the project with the Department of Alternative Energy Development and Efficiency to replace of 800 TR of air conditioners for two units with magnetic oil free chiller.

Results are found energy consumption comparison of magnetic oil cooler that the reduction of electrical energy is 1,519,575 kW/Hr per year or the amount of 5,995,211 Baht per year and able to reduce costs in the spare parts replacement not less than 359,333 Baht. The machine has a life-cycle period of 15 years when evaluating payback period, a payback period of 4.91 years. Results from this study would be used for evaluating a new chiller of 1200 TR for Chakri Naruebodindra Medical Institute for alternative options in order to purchase and install.

**Keyword:** Magnetic Oil Free Chiller, Performance of Chiller, Measuring and Analysis of Chiller

### 1. บทนำ

อาคารสถาบันการแพทย์จักรีนฤพดินทร์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล เกิดจากพระราชปราชญ์และพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่มีพระราชประสงค์ให้มีสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาลของรัฐขนาดใหญ่ระดับโรงเรียนแพทย์ ขึ้นที่จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อให้การดูแลและให้บริการตรวจรักษาประชาชนในจังหวัดสมุทรปราการ เนื่องจากอาคารดังกล่าวได้รับการออกแบบ เปิดประมูล พร้อมดำเนินการก่อสร้าง มาเป็นระยะเวลากว่า 6 ปี ซึ่งปัจจุบันมีเครื่องจักรเทคโนโลยี ที่มีประสิทธิภาพเข้ามาทดแทน เช่น เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ชนิด Magnetic Bearing Chiller เข้ามาเปิดใช้งานในช่วงเวลาหลัง 18:00 น.ซึ่งภาระโหลดความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลงมาก จากการที่อาคารปิดรับผู้ป่วย

ภายนอก สามารถลดการสูญเสียสภาวะการเปิดเครื่อง ปรับอากาศเดิมของอาคารที่มีขนาดใหญ่ลง ประหยัดพลังงานโดยไม่กระทบต่อผู้ใช้พื้นที่ หรือผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาพยาบาล

อธิยุต จงใจ (2555) ได้ศึกษาทางเลือกต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องปรับอากาศใหม่ และเครื่องปรับอากาศเดิม โดยใช้วิธีวิเคราะห์ต้นทุนวงจรอายุ (Life Cycle Cost: LCC) วิเคราะห์ เปรียบเทียบต้นทุนวงจรอายุของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน แยกตามลักษณะการใช้งานคือ เครื่องปรับอากาศ ขนาด 36,000 Btu และ 48,000 Btu ประเภทห้องเรียนและห้องทำงาน อายุ โครงการ 9 ปี เพื่อหาจุดคุ้มทุนและความเป็นไปได้ทางการเงินสำหรับการลงทุน จากการศึกษา พบว่าเครื่องปรับอากาศที่มีการปรับเปลี่ยนใหม่ขนาด 36,000 Btu ประเภทห้องเรียนและห้อง ทำงาน และขนาด 48,000 Btu ประเภทห้องทำงานมีจุดคุ้มทุนไม่เกินเกณฑ์อายุการใช้งานของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่ 8 ปี มีความเป็นไปได้ทางการเงินในการลงทุน ทั้งนี้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ 445,112.32 บาท และอัตราผลตอบแทนภายใน โครงการเท่ากับ 12.92%

กฤษกร อุดศรี (2553) ได้ทำการศึกษา ขึ้นส่วน ช่วงระยะเวลา อายุการใช้งาน และ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเพื่อให้การบริหารจัดการด้านการบำรุงรักษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้แนวทางการศึกษาจากการสืบค้นจากตัวแทนผู้ผลิต จำนวน 4 ราย หอทำความเย็นจำนวน 6 ราย เครื่องส่งลมเย็น จำนวน 4 ราย โดยเน้นข้อมูลการวิเคราะห์ความเหมือน เพื่อหาปริมาณ ขึ้นส่วนระยะเวลาการบำรุงรักษา และข้อมูลเชิงสถิติหาค่าเฉลี่ยของอายุการใช้งานราคาค่าใช้จ่ายใน การบำรุงรักษา จากการศึกษาพบว่าการบำรุงรักษาที่เหมือนและต่างกันของขึ้นส่วนประกอบ การทำงานของ 4 องค์ประกอบใหญ่สามารถสรุปได้ ดังนี้ เครื่องทำน้ำเย็นประกอบด้วย 15 ขึ้นส่วน หอทำความเย็น จำนวน 12 ขึ้นส่วน เครื่องส่งน้ำ 11 ขึ้นส่วน และเครื่องส่งลมเย็น 11 ขึ้นส่วนช่วง ระยะเวลาในการบำรุงรักษา แบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงใช้งานปกติ เป็นช่วงที่อัตราการชำรุดคงที่ ซึ่ง สามารถทำการบำรุงรักษาตามความเสื่อมสภาพได้ จากช่วงระยะเวลาการทำงานเป็นชั่วโมงหรือ ระยะเวลาทำงานเป็นรายปี เพื่อชะลอการเสื่อมสภาพและการสึกหรอของขึ้นส่วนให้มีอายุการใ้ งานในช่วงนี้ ซึ่งพบการบำรุงรักษาทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ การบำรุงรักษาเบื้องต้น การ บำรุงรักษาโดยใช้เครื่องมือวัด และการเปลี่ยนขึ้นส่วนที่เสื่อมสภาพการใช้งาน

อรรณวิทย์ ดินาง (2557) ได้ทำการศึกษาการประหยัดพลังงานโดยเครื่องทำน้ำเย็น ชนิด Oil Free Magnetic Bearing VSD Centrifugal Chiller ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ เครื่องทำ น้ำเย็น CH1 และ CH2 (เครื่องเดิม) แบบระบายความร้อนด้วยน้ำคอมเพรสเซอร์ชนิด Centrifugal Constant Speed ในระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลศรีนครินทร์ ขนาดทำความเย็น เครื่องละ 490 ตัน/ชั่วโมง เดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมง โดยส่วนมากเครื่องจะทำงานในสภาวะ โหลดไม่เต็ม พิกัด ทำให้เกิดการใช้พลังงานสูงเกินความจำเป็น ทางโรงพยาบาล ฯ จึงทำการติดตั้ง เครื่องทำน้ำเย็น CH3 (เครื่องใหม่) คอมเพรสเซอร์ชนิด Oil Free Magnetic Bearing VSD Centrifugal Chiller ขนาด ทำเย็น 400 ตัน/ชั่วโมง ซึ่งทำงานได้ดีที่สภาวะโหลดไม่เต็มพิกัด ทำให้

สามารถ เลือกเดินเครื่องทำน้ำเย็นให้เหมาะสมกับโหลดที่ใช้งานในอาคารโรงพยาบาลฯ พบว่า ภาระโหลดความเย็นสูงสุดแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ 870 ตันและ 350 ตัน สามารถออกแบบการเดินเครื่อง ตามช่วงเวลาคือช่วง 8:00-18:00 น. เดินเครื่องทำน้ำเย็น CH1 คู่กับ CH3 ขนาดทำความเย็นรวม 890 ตัน/ชั่วโมง และช่วง 18:00-8:00 น.เลือกเดินเครื่อง CH3 เพียงเครื่องเดียว ขนาดทำความเย็น 400 ตัน/ ชั่วโมงใช้พลังงานรวม 8,002 kWh /วัน ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานในส่วน of เครื่องทำน้ำเย็นของระบบ ปรับอากาศลงคิดเป็น 24.5%

บุปผา ไขแก้ว (2553) ได้ทำการศึกษาเพื่อการตัดสินใจในการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ของ ระบบปรับอากาศ กรณีศึกษา : อาคารเสริมมิตร ทาวเวอร์ ที่มีอายุการใช้งานมาแล้ว 18 ปี มีสภาพชำรุดทำให้ขาดเสถียรภาพในการทำน้ำเย็น จึงพิจารณาเพื่อทำการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเดิม ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น จากการศึกษาพบว่าเครื่องทำน้ำเย็นปัจจุบันมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงและอะไหล่ ของเครื่องจักรหายากมากขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพในการใช้งานต่ำลง ขาดเสถียรภาพ มีค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ความคุ้มค่าในทางการเงินระยะเวลาดำเนินการ ตามที่ได้มีการคำนวณผลประโยชน์จากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการใช้เครื่องทำน้ำเย็น จำนวน 3 เครื่องในแต่ละปี เป็นเงินประมาณ 7,278,200.00 บาท หากประมาณการลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น ใช้งบประมาณการลงทุน 23,000,000.00 บาท จะใช้ระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 3.6 ปี

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทำการศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบ Magnetic Oil Free Chiller กับแบบ Centrifugal Water Chilled Chiller

## 3. ขอบเขตงานวิจัย

1. การศึกษานี้จะทำการศึกษา โดยนำฐานข้อมูลการจัดเปลี่ยนเครื่องทำความเย็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Water Chilled Chiller) เป็นชนิดเครื่องปรับอากาศ Chiller ชนิด Magnetic Oil Free Chiller ของหน่วยงานโรงพยาบาลรามธิบดี อาคารอาคารสมเด็จพระเทพรัตน คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามธิบดี เป็นฐานข้อมูลหลักในการนำมาสรุปผล

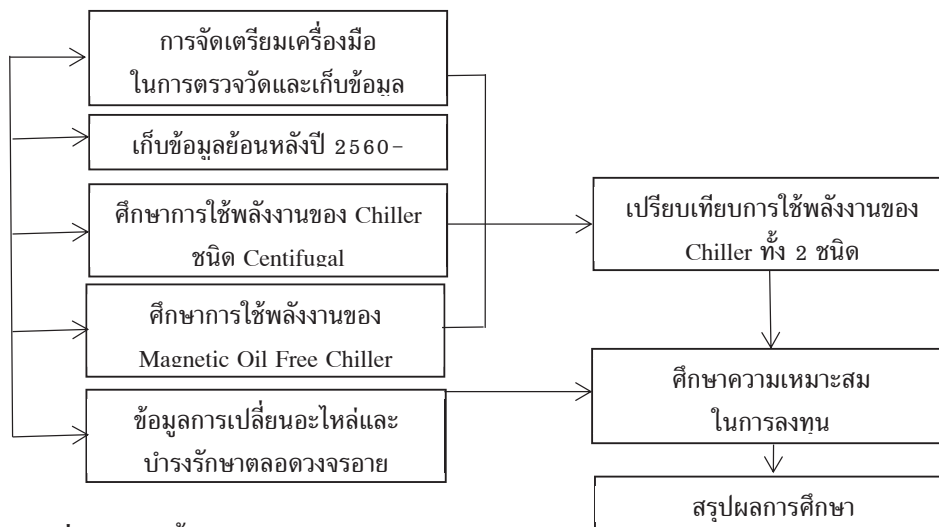
2. นำผลการศึกษามาประเมินเทียบเคียงกรณีโครงการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ Chiller ชนิด Magnetic Oil Free Chiller ขนาด 1200 ตันของหน่วยงานโรงพยาบาลรามธิบดี อาคารศูนย์การแพทย์จักรีนฤดินทร์(บางพลี) โดยใช้วิธีประเมินคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

3. ซึ่งในขอบเขตการศึกษานี้ มีข้อจำกัดในเรื่อง รุ่น-ยี่ห้อ ( Brand) เครื่องปรับอากาศ Chiller ชนิด Magnetic Chiller โดยอ้างอิง ผลิตภัณฑ์ “CLIMAVENETA”

4. ระยะเวลาในการดำเนินการศึกษาโครงการ ปี พ.ศ.2560 ถึงปี พ.ศ.2562

#### 4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากภาพที่ 1 คือขั้นตอนดำเนินการโดยเก็บข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็น ชนิด Centrifugal Chiller ย้อนหลัง 2 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – 2562 พร้อมทำการศึกษาข้อมูลของเครื่องน้ำเย็น ประเภท Magnetic Bearing Chiller พร้อมทำประวัติรายการอะไหล่ที่ต้องดำเนินการเปลี่ยนในแต่ละปี พร้อมทำการเปรียบเทียบเพื่อหาความเหมาะสมในการลงทุน พร้อมทำการสรุปผลการศึกษา



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการทำวิจัย

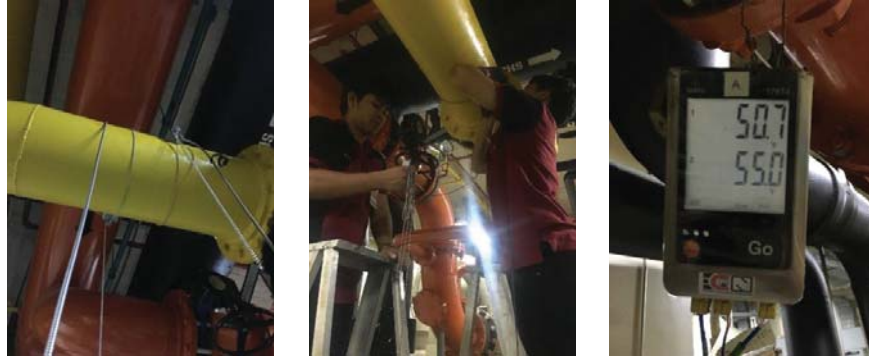
#### 5. วิธีการตรวจวัดและบันทึกผล

ภาพที่ 2 แสดงการบันทึกกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นทุกชุดที่เปิดใช้งานแบบต่อเนื่องทุก 15 นาที เป็นเวลา 7 วัน และวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำระบายความร้อนและหอระบายความร้อนทุกชุดที่เปิดใช้งานแบบชั่วคราว โดยแยกเป็นสองช่วงเวลา คือในช่วงเวลา 6.00 น. – 18.00 น. ของวันจันทร์ – วันเสาร์ และช่วงเวลาที่อื่น ๆ

ภาพที่ 3 ทำการบันทึกอัตราการไหลของน้ำเย็นรวม อุณหภูมิน้ำเย็นจ่ายและกลับที่หอรวม อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็น แบบต่อเนื่องทุก 15 นาที เป็นเวลา 7 วัน



ภาพที่ 2 ภาพการติดตั้งเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

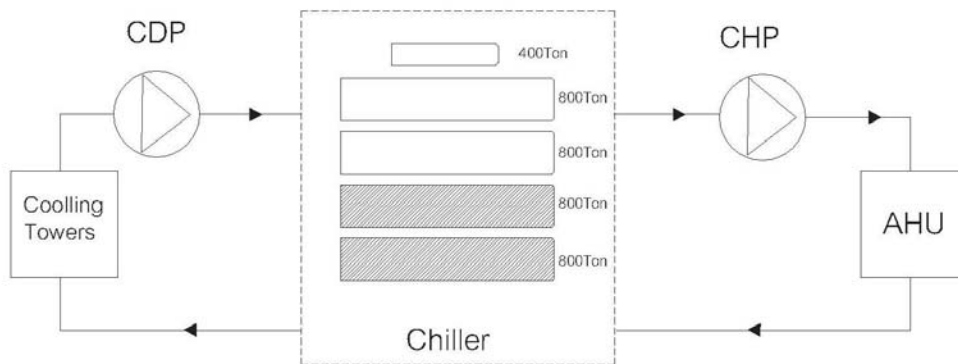


ภาพที่ 3 ภาพการติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลและอุณหภูมิ

#### 6. การวิเคราะห์ข้อมูล

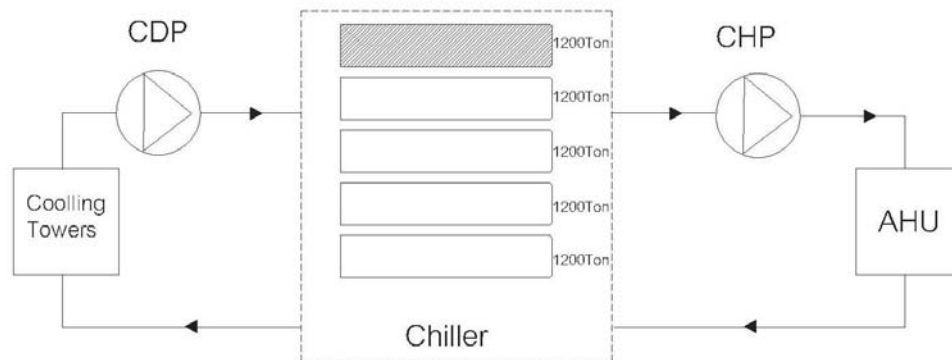
ทำการศึกษาเปรียบเทียบทางเลือก 2 กรณี ซึ่งวิเคราะห์อายุเครื่องทำน้ำเย็นตามชั่วโมงการใช้งานในการเปรียบเทียบ 2 กรณี มีการวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ ดังนี้

กรณีที่ 1 อาคารสมเด็จพระเทพรัตน คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดีใช้เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องเดิม ขนาด 800 Ton จำนวน 2 เครื่อง เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 400 Ton จำนวน 1 เครื่องทำการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่เป็นระบบ Magnetic Oil Free Chiller จำนวน 2 เครื่องในขนาดที่เท่ากัน ดังภาพที่ 4 และทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า การบำรุงรักษา และการเปลี่ยนอุปกรณ์



ภาพที่ 4 กรณีที่ 1 เปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น 2 ชุด

กรณีที่ 2 อาคารสถาบันการแพทย์จักรีนฤเบดินทร์ใช้เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องเดิมขนาด 1200 Ton จำนวน 4 เครื่อง ทำการเพิ่มเครื่องทำน้ำเย็นใหม่เป็นระบบ Magnetic Oil Free Chiller จำนวน 1 เครื่องในขนาด 1200 Ton ดังภาพที่ 5 และทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า การบำรุงรักษา และการเปลี่ยนอุปกรณ์



ภาพที่ 5 กรณีที่ 2 เพิ่มเครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุด

## 7. การคำนวณการใช้พลังงานและผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า

การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นชนิด Centrifugal Chiller และชนิด Magnetic Oil Free Chiller เพื่อนำผลการคำนวณที่ได้มาทำการหาผลประหยัดของการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น ชนิด Magnetic Oil Free Chiller โดยตารางที่ 1 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าพลังงานและในตารางที่ 2-3 แสดงค่าที่ได้จากการตรวจวัดก่อนทำการปรับปรุง-หลังทำการปรับปรุง

ตารางที่ 1 ตัวแปรหลักสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ผล

สัญลักษณ์	ตัวแปร	หน่วย	วิธีการตรวจวัด	หมายเหตุ
TR <sub>O</sub>	ความสามารถในการทำความเย็นก่อนปรับปรุง	TR	$TR_O = F_O \times (T_{OI} - T_{OO}) / 24$	-
W <sub>TN</sub>	กำลังไฟฟ้ารวมทั้งระบบ	kW	$W_{TN} = W_N + W_{CHPN} + W_{CDPN} + W_{CTN}$	-
TR <sub>N</sub>	ความสามารถในการทำความเย็นก่อนปรับปรุง	TR	$TR_N = F_N \times (T_{NI} - T_{NO}) / 24$	-
H	ชั่วโมงการใช้งาน	hr/y	สอบถามและการสังเกต	-
OF	ตัวประกอบการทำงาน	-	จากภาวะการปรับอากาศ	



$E_o$	พลังงานไฟฟ้าต่อปี	kWh/y	$E_o = TR_o \times (W_{TO} / TR_o) \times H \times OF$	-
$E_N$	พลังงานไฟฟ้าต่อปี	kWh/y	$E_N = TR_o \times (W_{TN} / TR_N) \times H \times OF$	
$T_{OI}$	อุณหภูมิน้ำเย็นกลับรวม	$^{\circ}F$	บันทึกต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน	ทุก 15 นาที
$T_{OO}$	อุณหภูมิน้ำเย็นจ่ายรวม	$^{\circ}F$	บันทึกต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน	ทุก 15 นาที
$F_o$	อัตราการไหลน้ำเย็นรวม	GPM	บันทึกต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน	ทุก 15 นาที
$T_{OCI}$	อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนกลับ	$^{\circ}F$	บันทึกต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน	ทุก 15 นาที
$W_o$	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเครื่องทำน้ำเย็น	kW	บันทึกต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน	ทุก 15 นาที
$W_{CHPO}$	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเครื่องสูบน้ำเย็น	kW	จากการวัดช่วงขณะ	
$W_{CDPO}$	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเครื่องสูบน้ำหอดัง	kW	จากการวัดช่วงขณะ	
$W_{CTO}$	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหอบระบายความร้อน	kW	จากการวัดช่วงขณะ	
$W_{TO}$	กำลังไฟฟ้ารวมทั้งระบบ	kW	$W_{TO} = W_o + W_{CHPO} + W_{CDPO} + W_{CTO}$	

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (ก่อนการปรับปรุง)

Time	$T_{OI}$	$T_{OO}$	$F_o$	$T_{OCI}$	$TR_o$	$W_o$	$W_{CHPO}$	$W_{CDPO}$	$W_{CTO}$	$W_{TO}$
Mon.-Sat. 6:00-18:00	52.2	46.2	3640	85.3	910	664	192	166	22	1,044
Oth.	51.1	47.5	3113	82.3	467	346	192	83	11	632

ก. การคำนวณพลังงานไฟฟ้า เครื่องทำน้ำเย็นชนิด Centifugal Chiller ได้จากสมการต่อไปนี้

$$E_{o1} = TR_o \times (W_{TO}/TR_o) \times H \times OF$$

จ - ศ 06:00-18:00 น

$$= 910 \text{ TR} \times (1044 \text{ kW}/910 \text{ TR}) \times 3744 \text{ hr/y} \times 0.8$$

$$= 3,126,989 \text{ kWh/y}$$

$$E_{o2} = TR_o \times (W_{TO}/TR_o) \times H \times OF$$

ช่วงเวลาอื่น ๆ

$$= 467 \text{ TR} \times (632 \text{ kW}/467 \text{ TR}) \times 4992 \text{ hr/y} \times 0.8$$

$$= 2,523,955 \text{ kWh/y}$$

$$E_o = E_{o1} + E_{o2} \quad (2)$$



$$= 3,126,989 + 2,523,955 \text{ kWh/y}$$

$$= 5,650,944 \text{ kWh/y}$$

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (หลังการปรับปรุง)

Time	T <sub>NI</sub>	T <sub>NO</sub>	F <sub>N</sub>	T <sub>NCI</sub>	TR <sub>N</sub>	W <sub>N</sub>	W <sub>CHPN</sub>	W <sub>CDPN</sub>	W <sub>CTN</sub>	W <sub>TN</sub>
Mon.-Sat. 6:00-18:00	52.8	46.6	3516	83.6	908	486	77	214	30	807
Oth.	52.5	48.6	2937	81.4	477	230	77	107	20	434

ข. การคำนวณพลังงานไฟฟ้า เครื่องทำน้ำเย็นชนิด Magnetic Oil Free Chiller ได้จากสมการต่อไปนี้

$$E_{N1} = TR_N \times (W_{TN}/TR_N) \times H \times OF \quad (3)$$

จ - ส 06:00-18:00 น

$$= 908 \text{ TR} \times (807 \text{ kW}/908 \text{ TR}) \times 3744 \text{ hr} / \text{y} \times 0.8$$

$$= 2,417,126 \text{ kWh/y}$$

$$E_{N2} = TR_O \times (W_{TN}/TR_N) \times H \times OF$$

ช่วงเวลาอื่นๆ

$$= 477 \text{ TR} \times (434 \text{ kW}/477 \text{ TR}) \times 4922 \text{ hr/y} \times 0.8$$

$$= 1,708,918 \text{ kWh}$$

$$E_N = E_{N1} + E_{N2} \quad (4)$$

$$= 2,417,126 + 1,708,918 \text{ kWh/y}$$

$$= 4,131,369 \text{ kWh/y}$$

ค. การคำนวณเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้  
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

$$= E_O - E_N$$

$$= 5,650,944 - 4,131,369 \quad \text{kWh/y}$$

$$= 1,519,575 \quad \text{kWh/y}$$

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย(ปี 2560)

$$= 3.67 \quad \text{บาท/kWh}$$

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้

$$= \text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้} \times \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย}$$

$$= 1,519,575 \text{ kWh/y} \times 3.67 \text{ บาท/kWh}$$

$$= 5,576,841 \quad \text{บาท/ปี}$$

ลดค่าสารเคมีในระบบระบาย

$$= 418,370 \quad \text{บาท/ปี}$$

ความร้อน

รวมเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 5,576,841 + 418,370	บาท/ปี
	= 5,995,211	บาท/ปี
เงินลงทุนทั้งหมด	= 29,450,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 29,450,000 บาท / 5,995,211 บาท/ปี	
	= 4.91	ปี

ตารางที่ 4 ผลการตรวจวัดของเครื่องทำความเย็น ชนิด Magnetic Bearing Chiller

ลำดับ	ตัวแปร	สัญลักษณ์/สูตร	Baseline	หน่วย
	วันที่ตรวจวัด		1-31 July	
1	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องทำความเย็น	PCH	234.39	kW
2	อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำเย็น	$m_w$	2,124.34	GPM
3	อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำเย็นขาเข้า	$T_{in}$	46.25	°F
4	อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำเย็นขาออก	$T_{out}$	51.25	°F
5	อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำคอนเดนเซอร์ขาเข้า	$TCDS_{in}$	84.52	°F
6	ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็น	$TR = (m_w \times (T_{out} - T_{in})) / 24$	442.22	TR
7	ค่าแก้ไขพลังไฟฟ้า	CE	1.04	-
8	ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็น	CR	0.94	-
9	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนปรับปรุงที่สภาวะมาตรฐาน	$P_{std} = P \times CE$	242.78	kW
10	ความสามารถในการทำความเย็นก่อนปรับปรุงที่สภาวะมาตรฐาน	$TR_{std} = TR \times CR$	417.46	Ton
11	กิโลวัตต์ต่อตันทำความเย็นก่อนปรับปรุงที่สภาวะมาตรฐาน	$ChP = P_{std} / TR_{std}$	<b>0.538</b>	kW/Ton
12	จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานใน 1 ปี	H (12 hr/วัน)	3,120.00	h/y
13	ระดับการใช้พลังงานปรับปรุง	$E = ChP \times TR_{std} \times H$	757,464.60	kWh/y

จากตารางที่ 4 ผลการตรวจวัดพลังงานของเครื่องน้ำเย็นประเภท Magnetic Bearing Chiller อยู่ที่ 0.538 kW/Ton โดยทำงานวันละ 12 ชั่วโมงต่อวัน ตลอด 365 วัน โดยเครื่องทำความเย็นเดิมชนิด Centrifugal Compressor ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพเฉลี่ย เครื่องที่ 1 ถึง 4 ที่ 0.783 kW/Ton เมื่อเทียบเคียงกับสภาวะโหลดเครื่องปรับอากาศชนิด Magnetic Bearing Chiller 0.538 kW/Ton อัตราประหยัดกำลังไฟฟ้า ที่ 0.245 kW/Ton มีประสิทธิภาพเครื่องสูงกว่า 31.31 % มูลค่าการลงทุนอยู่ที่ 29,450,000 บาท โดยลดค่าการบำรุงรักษาและค่าไฟฟ้าต่อปีได้เท่ากับ 5,995,211 บาท โดยมีระยะการคืนทุนอยู่ที่ 4.91 ปี

## 9. สรุปผลการศึกษา

จากทั้ง 2 กรณีศึกษาเมื่อทำการตรวจวัดค่าพลังงาน อัตราการไหลของน้ำภายในเส้นท่อน อุดมทมิ้น้ำเย็นของอาคารสมเด็จพระเทพรัตน์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดีและสถาบันการแพทย์จักรี นฤปดินทร์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดลพบว่า เครื่องทำน้ำเย็นประเภท Magnetic Oil Free Chiller มีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องทำน้ำเย็นเดิมประเภท Centrifugal Compressor ในระยะเวลาการเดินเครื่องที่เท่ากัน 12 ชั่วโมงต่อวัน ตลอด 365 วัน ตลอดอายุโครงการ 15 ปี มีมูลค่าการลงทุนอยู่ที่ 29,450,000 บาท โดยลดค่าการบำรุงรักษาเนื่องจากระบบ Magnetic Oil Free Chiller ไม่มีระบบหล่อลื่นน้ำมันเข้ามาใช้ในระบบ ลดการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันคอมเพรสเซอร์ (Compressor Oil) อะไหล่คู่ควบ เช่น กรองความชื้น กรองน้ำมันคอมเพรสเซอร์ ลดค่าไฟฟ้าต่อปีได้เท่ากับ 1,519,575 kWh/y หรือเท่ากับ 5,995,211 บาท/ปีและสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนงานจัดเปลี่ยนอะไหล่ ลงไม่ต่ำกว่าปีละ 359,333 บาท โดยมีระยะการคืนทุนอยู่ที่ 4.91 ปี โดยการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประเภท Magnetic Oil Free Chiller คุ่มค่าในการลงทุนเนื่องจากช่วยลดทั้งค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักรและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

- อรรถวิทย์ ตีนาง. (2557). การประหยัดพลังงานโดยเครื่องทำน้ำเย็นชนิด Oil-Free Magnetic Bearing VSD Centrifugal Chiller ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- อริยุต จงใจ. (2555). การศึกษาทางเลือกเพื่อใช้เครื่องปรับอากาศของใหม่และของเดิมโดยวิธีคำนวณต้นทุนวงจรชีวิต (Life Cycle Cost) กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร. สารนิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
- กฤษกร อุดศรี. (2553). การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศแบบรวมสำหรับอาคารขนาดใหญ่, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- บุปผา ไขแก้ว. (2553). งานดูแลและบำรุงรักษาระบบวิศวกรรมอาคารของอาคารการศึกษา : กรณีศึกษาโครงการอาคารขนาดใหญ่พิเศษ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย