

รายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์พลังงาน เครื่องจ่ายลมเย็นที่ติดตั้งระบบ UVGI Steril-Aire



โดย

กลุ่มวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถ.ประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

พฤศจิกายน 2565

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	i
บทที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้น	1-1
1.1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร และเครื่องจ่ายลมเย็น	1-1
1.2 แผนที่ตั้งอาคาร	1-2
บทที่ 2 การศึกษาทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา	2-1
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวัดผล	3-1
3.1 แนวทางการวัดผล	3-1
3.2 วิธีการตรวจวัด	3-2
3.3 การวิเคราะห์ผล	3-3
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	4-1
4.1 ผลการตรวจวัดก่อนทดสอบ	4-1
4.2 ผลการตรวจวัดหลังทดสอบ	4-14
4.3 การเปรียบเทียบผล	4-27
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	5-1
5.1 วิธีการทดสอบ	5-1
5.2 สรุปผลการทดสอบ	5-2
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รูปภาพการเข้าตรวจวัด	
ภาคผนวก ข รายการเครื่องมือวัด	

บทสรุปผู้บริหาร

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อตรวจวัดผลของการติดตั้งระบบ UVGI ในเครื่องจ่ายลมเย็นของอาคารสำนักงานสนับสนุนการสร้างสุขภาพ (สสส.) ในด้านการใช้พลังงาน โดยทำการตรวจวัดในวันที่ 11 สิงหาคม 2565 และ 26 กันยายน 2565 มีผลการตรวจวัด ดังนี้

วิธีการวัดผล

กลุ่มวิจัยฯ ได้เลือกเครื่องจ่ายลมเย็น 2 ชุด ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ได้แก่ AHU4 และ AHU5 ในชั้น 4 และชั้น 5 ของอาคารตามลำดับ ตลอดช่วงเวลา 45 วันของการทดสอบ AHU 4 ไม่เปิดระบบ UVGI AHU 5 เปิดระบบ UVGI และวัดผลเปรียบเทียบแต่ละชุดในวันก่อนและวันที่ 45 หลังการทดสอบ โดยเปรียบเทียบพารามิเตอร์ 3 ชุด คือ

- ความดันอากาศตกคร่อมคอยล์น้ำเย็น (Differential Pressure)
- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำเย็น และอากาศ (U)
- ศึกษาเปรียบเทียบกลไกการถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสอง

สรุปผลการตรวจวัด

ภาวะปรับอากาศ

เครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสองมีภาวะปรับอากาศทั้งสองวันที่ตรวจวัดตามสภาพการใช้งาน และอากาศแวดล้อม เครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ในวันก่อนการทดสอบภาวะปรับอากาศ ช่วงเวลา 8.30-15.00 น. ประมาณ 15 ตัน และหลังจากนั้นลดลงอยู่ในช่วง 5-10 ตัน ขณะที่วันหลังทดสอบ ภาวะปรับอากาศอยู่ในช่วง 5-10 ตัน ตลอดทั้งวัน ขณะที่เครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 ภาวะปรับอากาศในช่วงวันก่อนทดสอบและวันหลังทดสอบ ใกล้เคียงกัน ที่ 10-20 ตัน

ความดันตกคร่อมคอยล์น้ำเย็น

ความดันตกคร่อมคอยล์ของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (ไม่เปิดระบบ UVGI) ทั้งก่อนและหลังการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งวัน ในวันหลังทดสอบมีค่าลดลงร้อยละ 9.4

ขณะที่เครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (เปิดระบบ UVGI) ผลการตรวจวัดในวันหลังทดสอบ ความดันตกคร่อมคอยล์ลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งวัน ความดันลดลงร้อยละ 30.4 เทียบกับวันก่อนการทดสอบ หากเปรียบเทียบความแตกต่างเครื่องลมเย็น AHU5 ที่เปิดระบบ UVGI มีค่าลดต่ำกว่ากรณีเครื่อง AHU 4 ที่ไม่เปิดระบบ UVGI ร้อยละ 20

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

จากสมการการถ่ายเทความร้อน $Q = UA \times \text{LMTD}$ เนื่องจากในการใช้งานมีการควบคุมอุณหภูมิ น้ำเย็น และอุณหภูมิอากาศที่กลับเข้าเครื่องให้คงที่ ที่ 8 และ 25 °C ตามลำดับ ค่า LMTD จึงค่อนข้างคงที่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน UA จึงแปรผันตามภาระปรับอากาศ (Q) ในการเปรียบเทียบจึงพิจารณา เปรียบเทียบค่า UA ที่ภาระเดียวกัน พบว่าเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (ปิดระบบ UVGI) ก่อนและหลังการ ทดสอบค่า UA มีแนวโน้มเดียวกัน เครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (เปิด ระบบ UVGI) ค่า UA ก่อนและหลังทดสอบ มีความแตกต่างกัน เมื่อหาค่าเฉลี่ยในช่วงภาระ 15-20 ตัน ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน UA มีค่าสูงขึ้น ร้อยละ 8.6 ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่อง AHU 5 ดีขึ้น

อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนความร้อน

ผลต่อการถ่ายเทความร้อนในเครื่องจ่ายลมเย็น จากการตรวจวัดพบว่าอุณหภูมิ น้ำเย็น และอากาศเข้า แลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (ปิดระบบ UVGI) มีแนวโน้มเดียวกันทั้งก่อนและหลัง ทดสอบ ขณะที่ AHU5 (เปิดระบบ UVGI) อุณหภูมิ น้ำเย็นที่ผ่านการถ่ายเทความร้อนแล้วและวิ่งกลับเครื่อง ทำน้ำเย็น หลังการทดสอบมีค่าขยับสูงขึ้นเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศที่เข้ามาทำความเย็นมากขึ้น สอดคล้องกับค่า UA ที่สูงขึ้น กล่าวคือ เครื่อง AHU 5 มีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนดีขึ้นหลังเปิดระบบ UVGI

บทที่ 1

ข้อมูลเบื้องต้น

1.1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร และเครื่องจ่ายลมเย็น

ชื่ออาคาร	อาคารสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)
ที่อยู่	อาคารศูนย์เรียนรู้สุขภาวะ เลขที่ 99/8 ซอยงามดูพลี แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
	โทรศัพท์ : 02-343-1500 แฟกซ์ : 02-343-1501
เว็บไซต์	www.thaihealth.or.th
ประเภทอาคาร	อาคารสำนักงาน
การทำงาน	8 ชั่วโมง/วัน 250 วัน/ปี

ตารางที่ 1-1 เครื่องจ่ายลมเย็นที่ทดสอบ

รายการ	AHU4	AHU5
1.ติดตั้งในชั้นที่	4	5
2.ชื่อรุ่น	AH 28 CAS	UAV 120 KS
3.ผู้ผลิต	DAIKIN	DAIKIN
4.พิกัดการทำความเย็น	61,173 kcal/h	88,115 kcal/h
5.อัตราการไหลของอากาศ	280 ลูกบาศก์เมตร/นาที	293 ลูกบาศก์เมตร/นาที
6.คอยล์	4R10F(46)X46ST1600 M.M.RH	5R10F(39)X26STX1710 M.M.RH
7.พิกัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์	11 กิโลวัตต์	7.5 กิโลวัตต์

ตารางที่ 1-2 พื้นที่ปรับอากาศ

รายการ	AHU4	AHU5
1.ชื่อห้อง	สำนักงานฝั่งสวน ชั้น 4	สำนักงานฝั่งสวน ชั้น 5
2.การใช้สอย	สำนักงาน	สำนักงาน
3.ขนาดพื้นที่	200 ตารางเมตร	200 ตารางเมตร
4.ชั่วโมงการใช้งาน	8.00-18.00 น. วันทำงาน	8.00-18.00 น. วันทำงาน

ตารางที่ 1-3 หลอด UVC ที่ติดตั้ง

ประเภทหลอด	UVC
ผลิตภัณฑ์	Steril-Aire
ผู้ออกแบบติดตั้ง	บริษัท LEAFPOWER จำกัด
ประเภทหลอด	UVC
แรงดันไฟฟ้า	220 V
กระแสไฟฟ้า	0.7 A

1.2 แผนที่ตึกอาคาร

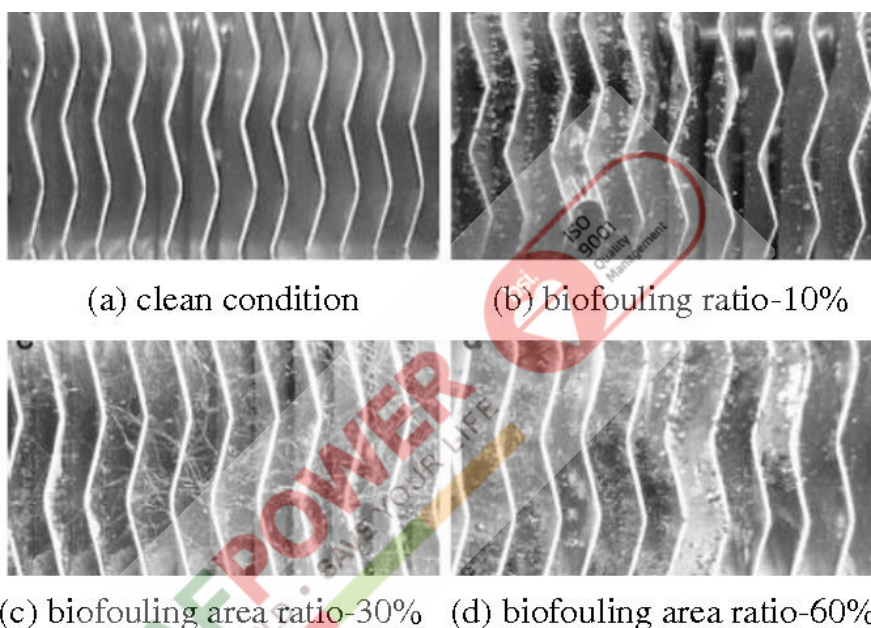


รูปที่ 1-1 แผนที่ตึกอาคารสำนักงานกองทุนสนับสนุนการเสริมสุขภาพ (สสส.)

บทที่ 2

การศึกษาทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา

เครื่องจ่ายลมเย็น (Air Handling Units) ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำเย็น และอากาศ และจ่ายอากาศเย็นเข้าไปในพื้นที่ เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะมีสิ่งสกปรก หรือ Fouling สะสมที่คอยล์น้ำเย็นสิ่งสกปรกนี้ จำแนกได้ 4 ประเภท คือ



รูปที่ 2-1 สิ่งสกปรกที่คอยล์น้ำเย็น

- สิ่งสกปรกประเภทฝุ่นละออง (Particulate Fouling) เกิดจากฝุ่นละอองในอากาศจับที่พื้นของคอยล์แลกเปลี่ยนความร้อน
- สิ่งสกปรกประเภทจุลชีพ (Biological Fouling) เกิดจากจุลชีพเกิดที่พื้นของคอยล์ที่มีความชื้นสูง มีหยดน้ำเกาะ
- สิ่งสกปรกประเภทเคมี (Chemical Reaction Fouling) เกิดจากปฏิกิริยาเคมีของวัสดุบางประเภท
- สิ่งสกปรกประเภทเกล็ดน้ำแข็ง (Freezing Fouling) คอยล์เย็นที่มีอุณหภูมิต่ำมาก อาจเกิดเกล็ดน้ำแข็งเกาะ

สำหรับคอยล์ที่ใช้ในภูมิอากาศร้อนชื้น มีโอกาสที่จะเกิดการสะสมของสิ่งสกปรกประเภทจุลชีพสูง สิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นจะส่งผลด้านอากาศกีดขวางการไหลของอากาศ และการถ่ายเทความร้อนทำได้ต่ำลง พัดลมใช้พลังงานมากขึ้น หรืออากาศไหลน้อยลง การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศที่ด้อยลงจะทำให้อัตราการไหลน้ำเย็นเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นลดลง นอกจากนี้ Kowalski [1] ยังชี้ว่าสิ่งสกปรกประเภทจุลชีพจะส่งผลให้เกิดกลิ่น และติดเชื้อได้ ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง

การศึกษาผลของการทำความสะอาดคอยล์น้ำเย็นโดย Montgomery และ Baker ในปี 2006 [2] ใน New York City พบว่าทำให้ความดันตกคร่อมคอยล์ลดลง 14% และเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน 25% ในส่วนความร้อนสัมผัส และ 10% ในส่วนของความร้อนแฝง โดยประเมินว่าการทำความสะอาดคอยล์จะประหยัดพลังงานได้ 10-15% ในปี 2010 Pu และคณะ [3] ได้ศึกษาผลของสิ่งสกปรกจุลชีพ โดยการเพาะเชื้อที่คอยล์น้ำเย็นในห้องปฏิบัติการ โดยเร่งการเติบโต ระยะเวลา 28 วัน พบว่า ความดันตกคร่อมคอยล์เพิ่มขึ้นในช่วง 19.8 ถึง 43.1% และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนลดลง 15%

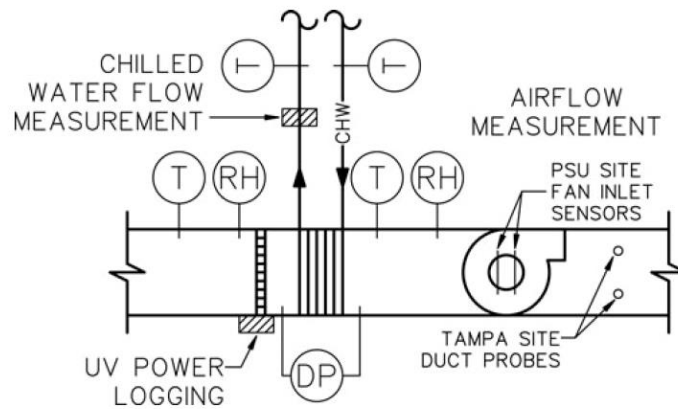
การจัดสิ่งสกปรกประเภทจุลชีพ ทำให้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีทางกล หรือดูดออก วิธีทางเคมี และด้วยแสงยูวี (Ultraviolet Germicidal Irradiation-UVGI)

ASHRAE [4] ระบุว่าความยาวคลื่นของรังสียูวีที่มีผลขจัดจุลชีพได้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 265 nm โดยจะทำลาย DNA ของจุลชีพและหยุดการขยายพันธุ์ของจุลชีพได้ดีที่สุด แต่เทคโนโลยีในตลาดปัจจุบันนั้นสามารถผลิตหลอดยูวีที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่สุด คือ 253.7 (254) nm

Keikavousi [5] ได้รายงานผลการติดตั้ง UVGI ในโรงพยาบาล 2 แห่ง ในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา ว่ามีผลลดความดันตกคร่อมคอยล์ลง ร้อยละ 61 และ 42 ตามลำดับ และยังชี้ว่าความเร็วลมที่หน้าคอยล์สูงขึ้น อุณหภูมิเป่าเปือกของอากาศเย็นที่จ่ายลดลง

และการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดย Loungo และคณะ[6] ในปี 2017 สำหรับคอยล์ที่ติดตั้ง UVGI และในเมือง Denver รัฐโคโลราโด พบว่า ความดันตกคร่อมไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ และการถ่ายเทความร้อนดีขึ้นร้อยละ 3 ถึง 6.4 ทั้งนี้เนื่องจากสภาพอากาศที่ค่อนข้างแห้ง ขณะที่การศึกษาของ Wang และคณะ[7] ในปี 2016 ในสิงคโปร์ ซึ่งมีภูมิอากาศร้อนชื้น พบว่า ความดันตกคร่อมคอยล์ลดลงร้อยละ 13 และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนดีขึ้นร้อยละ 13

ในปี 2018 Joseph Firrantello และคณะ[8] มหาวิทยาลัยแห่งรัฐฟลอริดา ได้ทำการศึกษาผลของ UVC ในเครื่องจ่ายลมเย็นของอาคาร 2 แห่งในรัฐฟลอริดา Tampa Site และ University Park โดยติดตั้งหลอด UVC ที่ความเข้มต่ำสุดเฉลี่ยหน้าคอยล์ $200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ทั้งสองแห่ง

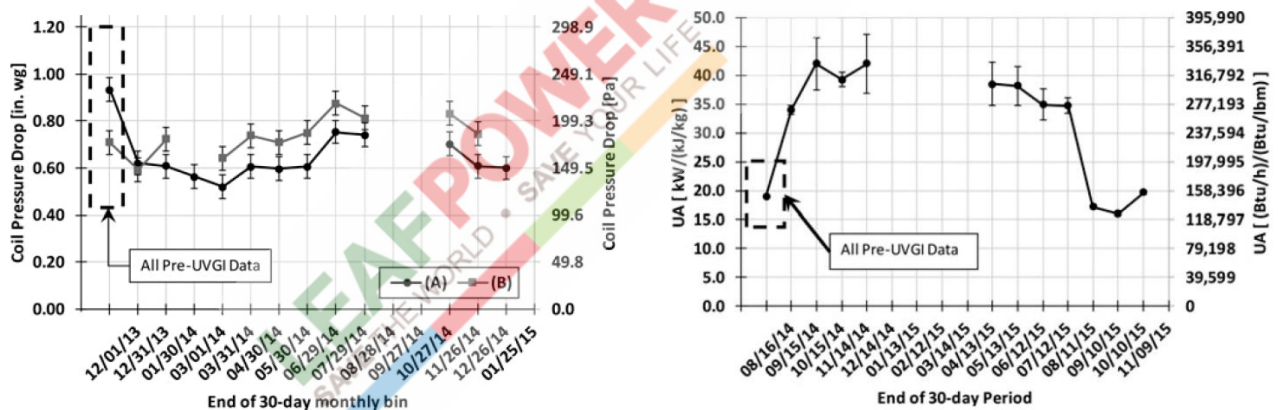


T = Temperature sensor RH = Humidity sensor DP = Differential Pressure

รูปที่ 2-2 การติดตั้งเครื่องวัด

ตัวแปรที่สนใจมี 2 ค่า คือ ความดันตกคร่อมคอยล์ และค่าการถ่ายเทความร้อน ได้ผลดังนี้

Tampa Site

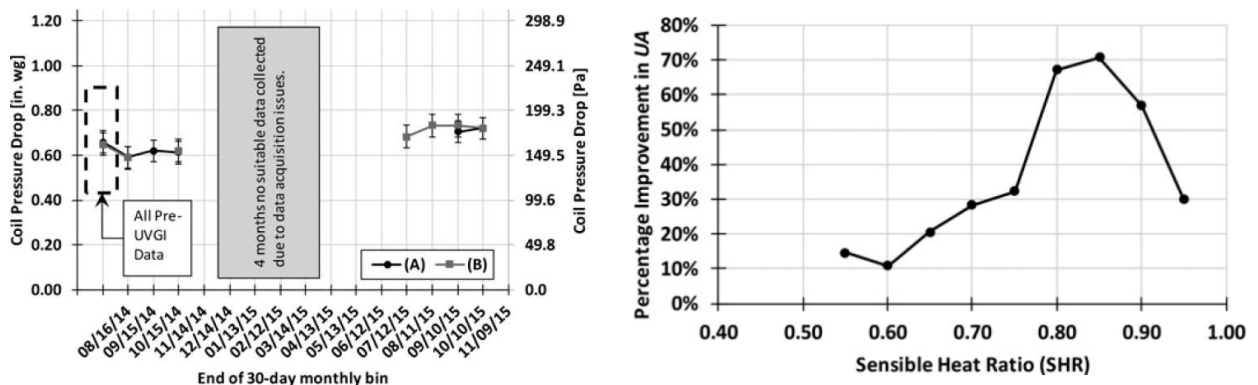


รูปที่ 2-3 ความดันตกคร่อม และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

ในกราฟความดันตกคร่อมคอยล์ จำแนกข้อมูลเป็น 2 ช่วง คือ ช่วง A ที่ความเร็วลม และภาระมีความชื้นในช่วงปกติ และช่วง B ความเร็วลมสูง และภาระความชื้นสูง

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ความดันตกคร่อมคอยล์ลดลง ร้อยละ 22.7 ในช่วงแรก และร้อยละ 14.6 ในระยะยาวและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนดีขึ้นร้อยละ 13.2-13.6 ในช่วงแรกและร้อยละ 15.7 ในระยะยาว

University Park



รูปที่ 2-4 ความดันตกคร่อม และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

ผลการวิเคราะห์พบว่า ที่เครื่องจ่ายลมเย็นชุดนี้มีการทำความสะอาดก่อนตรวจวัดโดยบังเอิญ ความดันตกคร่อมลดลงร้อยละ 10.3 ในระยะแรก และไม่เปลี่ยนแปลงในระยะยาว ขณะที่การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น ร้อยละ 57.7 ในระยะแรก และ 36.7 ในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

1. Kowalski, W. 2006. *Aerobiological Engineering Handbook*. New York, NY: McGraw-Hill.
2. Montgomery, R.D., and R. Baker. 2006. Study verifies coil cleaning saves energy. *ASHRAE Journal* 48(November):34–6.
3. Pu, H., G. Ding, X. Ma, H. Hu, and Y.-F. Gao. 2010. Air-side heat transfer and friction characteristics of biofouled evaporator underwet conditions. *Frontiers of Energy and Power Engineering in China* 4(3):306–12.
4. ASHRAE. 2016b. Ultraviolet Lamp Systems. In *ASHRAE Handbook-HVAC Systems and Equipment*. Atlanta: ASHRAE.
5. Keikavousi, F. 2004. UVC: Florida Hospital Puts HVAC Maintenance Under a New Light. *Engineered Systems* 21:60–3.
6. Luongo, J.C., J. Brownstein, and S.L. Miller. 2017. Ultraviolet germicidal coil cleaning: Impact on heat transfer effectiveness and static pressure drop. *Building and Environment* 112(2017):159–65.
7. Wang, Y., C. Sekhar, W. Bahnfleth, K.W. Cheong, and J. Firrantello. 2016. effectiveness of an ultraviolet germicidal irradiation system in enhancing cooling coil energy performance in a hot and humid climate. *Energy and Buildings* 130(2016):321–9.
8. Joseph Firrantello, William Bahnfleth & Paul Kremer, 2018, Field measurement and modeling of UVC cooling coil irradiation for heating, ventilating, and air conditioning energy use reduction (RP-1738)—Part 1: Field measurements, *Science and Technology for the Built Environment* (2018) 24, 588–599

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการตรวจวัด

การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องจ่ายลมเย็น มีแนวทางดังนี้

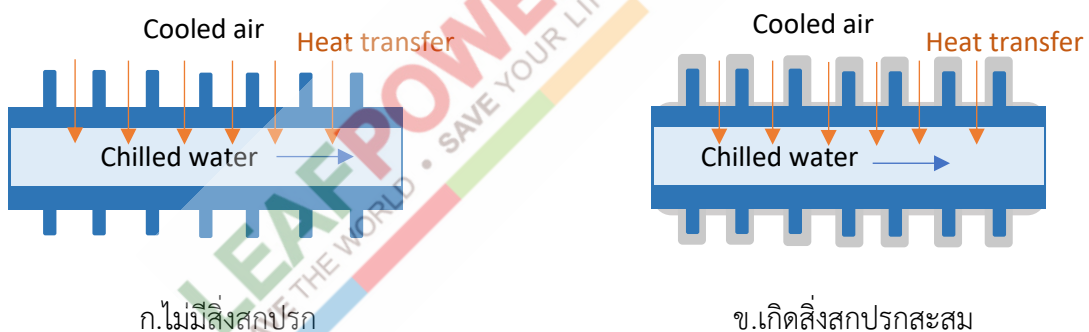
3.1 แนวทางการตรวจวัด

เนื่องจาก UVGI มีผลยับยั้งการเติบโตของจุลชีพ และทำให้การต้านทานการไหลอากาศลดลง ดังนั้น การวัดผลเปรียบเทียบจึงพิจารณา 2 ตัวแปร คือ

1. ความดันตกคร่อมคอยล์

เมื่อมีสิ่งสกปรกเกาะคอยล์จะทำอากาศไหลผ่านยากขึ้น ดังนั้น ปริมาณการไหลเท่ากัน ความดันที่ลมจะวิ่งผ่านจะใช้ความดันมากขึ้น ในกรณีปกติที่มีการสะสมของสิ่งสกปรกเพิ่มขึ้น ขณะที่เครื่องจ่ายลมเย็นที่มีการติดตั้ง UVGI หาก UVGI มีผลขจัดสิ่งสกปรก ความดันที่อากาศต้องเอาชนะควรจะลดลง และความดันตกคร่อมคอยล์ควรมีค่าลดลง

2. ค่าการถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 3-1 การถ่ายเทความร้อนของคอยล์ที่มีสิ่งสกปรกทำได้ต่ำลง

คอยล์ ประกอบด้วย ขดท่อน้ำที่น้ำเย็นวิ่งผ่านด้านใน และอากาศที่ต้องการทำความเย็นวิ่งผ่านด้านนอก ในการถ่ายเทความร้อน ความร้อนจากอากาศจะแลกเปลี่ยนกับผิวโลหะของคอยล์ด้วยการพาความร้อน และความร้อนผ่านเนื้อโลหะด้วยการนำความร้อน และถ่ายเทให้กับน้ำเย็นในคอยล์ ทำให้น้ำเย็นอุณหภูมิสูงขึ้น วิ่งพาความร้อนไปยังเครื่องทำน้ำเย็น

เมื่อมีความสกปรกเกิดขึ้นที่พื้นคอยล์ ความร้อนจากอากาศจะต้องผ่านชั้นของสิ่งสกปรกจุลชีพ และเข้าสู่ผิวโลหะ การถ่ายเททำได้ยากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะมีค่าต่ำลง

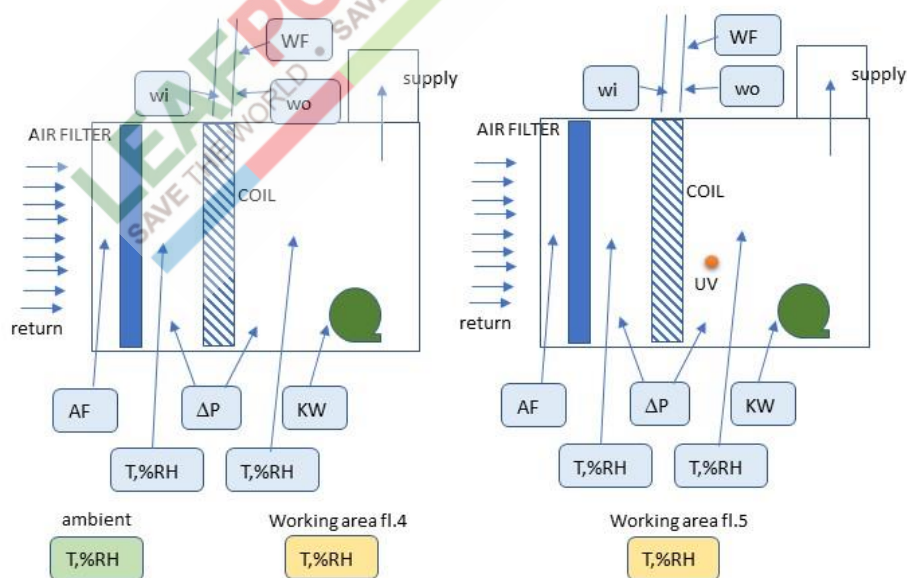
ในทางตรงกันข้ามเครื่องจ่ายลมเย็นที่ติดตั้งระบบUVGI และหากระบบ UVGI มีผลขจัดสิ่งสกปรกค่าสัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนควรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ในการสร้างกลุ่มเปรียบเทียบ กลุ่มวิจัยฯ ได้เลือกเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 และ AHU5 ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน เปรียบเทียบกันโดย AHU4 ไม่มีการติดตั้งระบบ UVGI , AHU5 ติดตั้งระบบ UVGI และให้มีระยะเวลาติดตามผล 45 วัน เมื่อครบระยะเวลาวัดพารามิเตอร์ทั้งสองเปรียบเทียบกันก่อนทดสอบ



รูปที่ 3-2 การเปรียบเทียบผล

3.2 วิธีการตรวจวัด



รูปที่ 3-3 ตำแหน่งตรวจวัด

ตารางที่ 3-1 รายการตรวจวัด

ลำดับที่	สัญลักษณ์	ค่าที่วัด	เครื่องวัด	วิธีวัด
1	ΔP	ความดันตกคร่อมคอยล์	Diff pressure meter	บันทึกค่าทุกชั่วโมง
2	KW	กำลังไฟฟ้าพัดลม	Power meter แบบบันทึกค่า	บันทึกค่าทุก 5 นาที
3	AF	ความเร็วลมด้านเข้า	เครื่องวัดความเร็วลม	บันทึกค่าทุกชั่วโมง
4	T,%RH	อุณหภูมิ ความชื้นอากาศเข้า	Hygrometer แบบบันทึกค่า	บันทึกค่าทุก30นาที
5	T,%RH	อุณหภูมิ ความชื้นอากาศจ่าย	Hygrometer แบบบันทึกค่า	บันทึกค่าทุก30นาที
6	WF	อัตราการไหลน้ำเย็น	Ultrasonic flowmeter	บันทึกค่าทุก 5 นาที
7	wi	อุณหภูมิ น้ำเย็นเข้าเครื่องจ่ายลมเย็น	Thermocouple type K	บันทึกค่าทุก 5 นาที
8	wo	อุณหภูมิ น้ำเย็นกลับจากเครื่องจ่ายลมเย็น	Thermocouple type K	บันทึกค่าทุก 5 นาที
9	T,%RH	อุณหภูมิ ความชื้นอากาศภายนอก	Hygrometer แบบบันทึกค่า	บันทึกค่าทุก30นาที
10	T,%RH	อุณหภูมิ ความชื้นอากาศในพื้นที่ของ AHU FL.4	Hygrometer แบบบันทึกค่า	บันทึกค่าทุก30นาที
11	T,%RH	อุณหภูมิ ความชื้นอากาศในพื้นที่ของ AHU FL.5	Hygrometer แบบบันทึกค่า	บันทึกค่าทุก30นาที

3.3 การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบพารามิเตอร์ทั้งสอง ดังนี้

1. ความดันตกคร่อมคอยล์

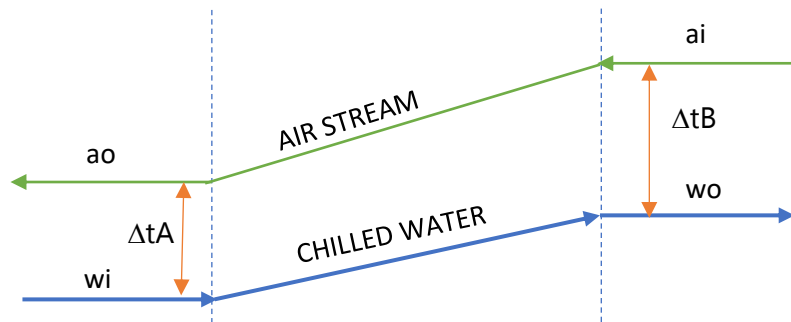
DP_0 = ความดันตกคร่อมคอยล์ ณ วันที่ 0

DP_{45} = ความดันตกคร่อมคอยล์ ณ วันที่ 45

AHU4 และ AHU5

$$\% \Delta DP = \left(\frac{DP_0 - DP_{45}}{DP_0} \right) \times 100$$

2. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 3-4 แผนผังการถ่ายเทความร้อน

- ให้ ω_i = อุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้าเครื่องจ่ายลมเย็น ($^{\circ}\text{C}$)
 ω_o = อุณหภูมิน้ำเย็นที่กลับจากเครื่องจ่ายลมเย็น วิ่งไปเครื่องทำน้ำเย็น ($^{\circ}\text{C}$)
 ai = อุณหภูมิอากาศกลับจากห้องปรับอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)
 ao = อุณหภูมิอากาศจ่ายไปยังห้องปรับอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)
 $\Delta t_A = ao - \omega_i$
 $\Delta t_B = ai - \omega_o$

จากสมการการถ่ายเทความร้อน

$$Q = UA \times LMTD$$

โดยที่ Q = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน (kW)
 $= \text{ton} \times 3.51 \text{ kW/ton}$

$$\text{ton} = \text{Flow (gpm)} \times ((\omega_o(F) - \omega_i(F)))/24$$

$$U = \text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (kW/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C)}$$

$$A = \text{พื้นที่ผิวคอยล์ในการแลกเปลี่ยนความร้อน (m}^2\text{)}$$

$$LMTD = \text{Log Mean Temperature Different}$$

$$= \left(\frac{\Delta t_A - \Delta t_B}{\ln \Delta t_A - \ln \Delta t_B} \right)$$

ในที่นี้จะหาค่า UA ในการเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบ

$$UA = Q/LMTD$$

$$= (3.51) \text{ Flow } (\omega_o - \omega_i)/LMTD/24$$

ในการเปรียบเทียบค่า UA ของเครื่องจ่ายลมเย็นแต่ละชุดก่อนและหลังการทดสอบ เนื่องจากในการใช้งานจริง วาล์วน้ำเย็นจะปรับอัตราการไหลน้ำเย็นตลอดเวลาไม่คงที่ ดังนั้นในการเปรียบเทียบจะเปรียบเทียบค่า UA ที่สภาวะที่เครื่องจ่ายลมเย็นทำงานเดียวกัน



บทที่ 4

ผลการตรวจวัด

การตรวจวัดก่อนทดสอบดำเนินการในวันที่ 11 สิงหาคม 2565 และติดตามค่าความดันแตกต่างของเครื่องจ่ายลมเย็นในช่วง 45 วัน และวัดอีกครั้งในวันที่ 26 กันยายน 2565 มีผลการตรวจวัด ดังนี้

4.1 ผลการตรวจวัดก่อนทดสอบ

การตรวจวัดและวิเคราะห์ผล ประกอบด้วยการตรวจวัดด้านอากาศ การตรวจวัดด้านน้ำเย็น การตรวจวัดความดันคร่อมคอยล์ และการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อน ของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ที่ยังไม่เปิดระบบ UVGI ภายใน

AHU4



รูปที่ 4-1 การติดตั้งเครื่องวัดในเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4

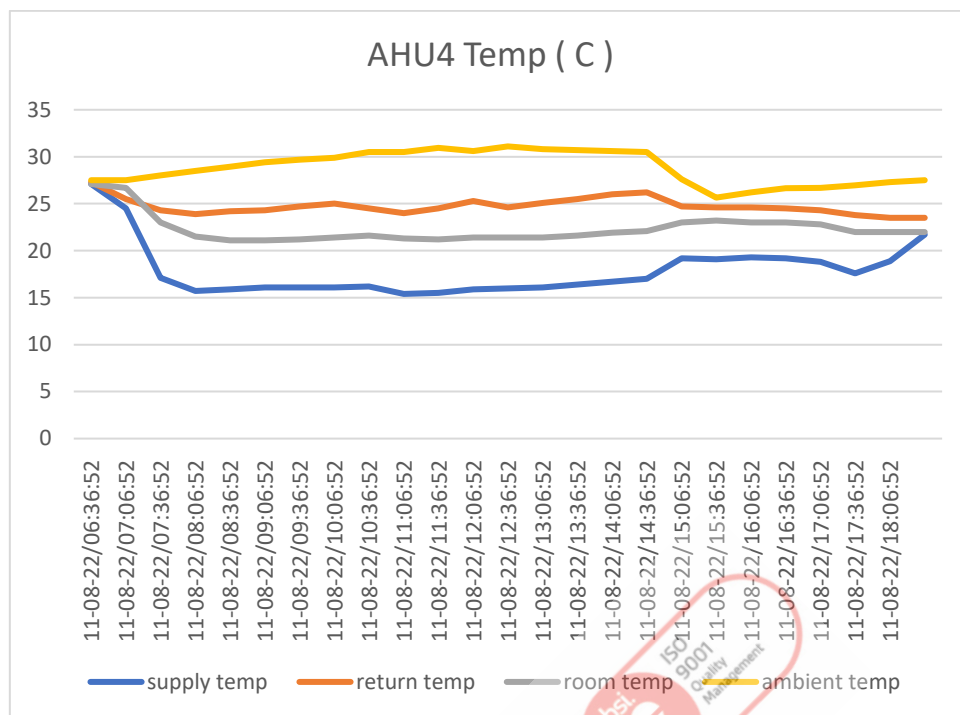
4.1.1 การตรวจวัดด้านอากาศ

ตารางที่ 4-1 การตรวจวัดด้านอากาศของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ก่อนการทดสอบ

เวลา	Supply air(T,%RH2)		Return air (T,%RH1)		Room (T,%RHr)		ambient (T,%RHa)	
	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH
11-08-22/07:06:52	24.5	80.9	25.5	76.5	26.7	78	27.5	73.2
11-08-22/07:36:52	17.1	89.1	24.3	74.6	23	73	28	72.35
11-08-22/08:06:52	15.7	93.6	23.9	75.5	21.5	75.2	28.5	71
11-08-22/08:36:52	15.9	95.8	24.2	78.1	21.1	78	28.95	70.9
11-08-22/09:06:52	16.1	95.8	24.3	77.7	21.1	78.8	29.4	70.3

รายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์พลังงานเครื่องจ่ายลมเย็นที่มีการติดตั้งระบบ UVGI

เวลา	Supply air(T,%RH2)		Return air (T,%RH1)		Room (T,%RHr)		ambient (T,%RHa)	
	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH
11-08-22/09:36:52	16.1	96.2	24.7	75.5	21.2	80.2	29.7	69.6
11-08-22/10:06:52	16.1	95.5	25	76.6	21.4	79	29.9	69
11-08-22/10:06:52	16.1	95.5	25	76.6	21.4	79	29.9	69
11-08-22/10:36:52	16.2	95.7	24.5	74.4	21.6	78.8	30.5	67.9
11-08-22/11:06:52	15.4	94	24	74	21.3	76	30.5	66.2
11-08-22/11:36:52	15.5	96.2	24.5	75.3	21.2	76.5	30.95	66.8
11-08-22/12:06:52	15.9	97	25.3	76.2	21.4	79.7	30.6	67.2
11-08-22/12:36:52	16	95.4	24.6	76.5	21.4	78	31.1	67.75
11-08-22/13:06:52	16.1	97	25.1	79	21.4	80.5	30.8	68.7
11-08-22/13:36:52	16.4	96.4	25.5	78.3	21.6	79.4	30.7	70.05
11-08-22/14:06:52	16.7	96.6	26	81.3	21.9	79.8	30.6	71
11-08-22/14:36:52	17	96.3	26.2	81.6	22.1	79.4	30.5	70
11-08-22/15:06:52	19.2	99.2	24.7	81.9	23	85.8	27.6	70.3
11-08-22/15:36:52	19.1	97.2	24.6	83.1	23.2	82.2	25.65	77.35
11-08-22/16:06:52	19.3	97.4	24.6	83.6	23	83.9	26.2	83
11-08-22/16:36:52	19.2	96.9	24.5	83.8	23	83.5	26.65	82.4
11-08-22/17:06:52	18.8	95.9	24.3	81.6	22.8	81.4	26.7	82.3
11-08-22/17:36:52	17.6	95.1	23.8	80.3	22	80.2	26.95	82.1
11-08-22/18:06:52	18.9	99.3	23.5	85	22	88.9	27.3	83.2



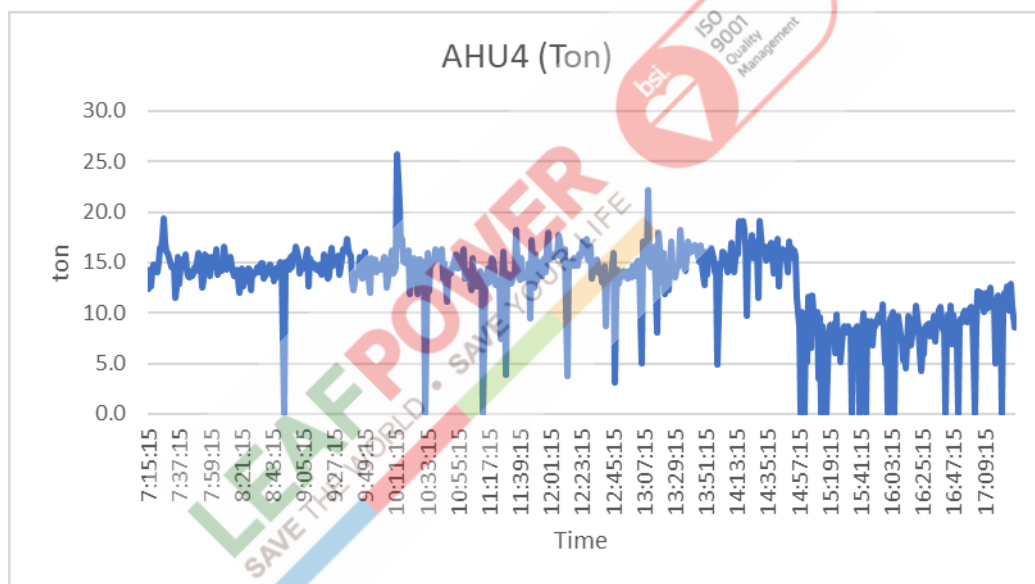
รูปที่ 4-2 อุณหภูมิอากาศที่จ่าย อากาศที่กลับ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิแวดล้อมของ AHU4 (pre)

4.1.2 การตรวจวัดด้านน้ำเย็น

ตารางที่ 4-2 การตรวจวัดด้านน้ำเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ก่อนการทดสอบ

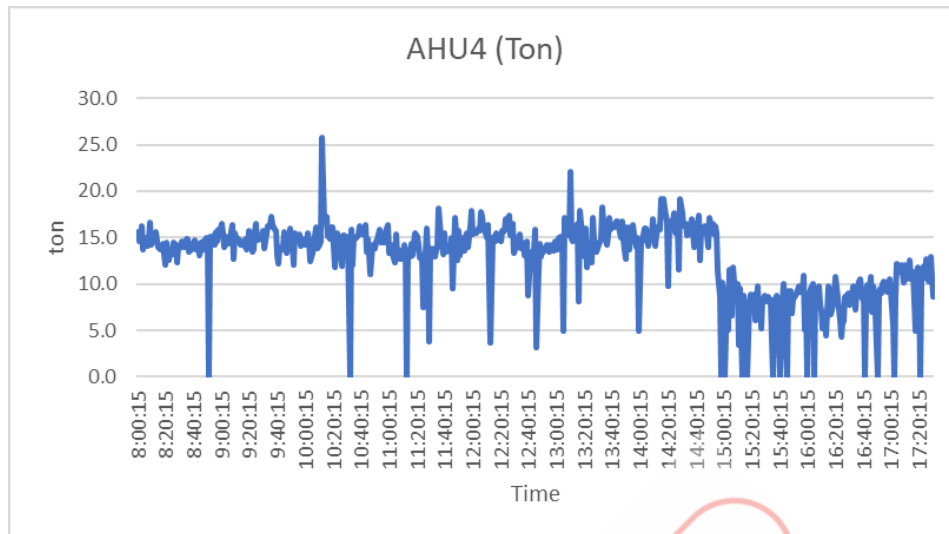
เวลา	Flow (GPM) [WF]	Chilled water supply temp [wi]	Chilled water Return temp [wo]	Ton
07:00:02	14.42	23.76	25.39	1.93
07:30:02	28.51	12.82	18.37	12.09
08:00:02	27.85	8.19	15.05	14.30
08:30:02	29.67	8.29	14.66	14.17
09:00:02	28.13	8.36	15.02	14.05
09:30:02	29.21	8.36	15.09	14.75
10:00:02	28.24	8.37	15.33	14.77
10:30:02	28.91	8.41	15.44	15.23
11:00:02	28.45	8.43	15.08	14.19
11:30:02	27.49	8.37	14.53	12.70
12:00:02	29.57	8.37	14.88	14.45
12:30:02	28.22	8.44	15.59	15.11
13:00:02	26.58	8.49	15.20	13.38
13:30:02	27.10	8.58	15.76	14.59

เวลา	Flow (GPM) [WF]	Chilled water supply temp [wi]	Chilled water Return temp [wo]	Ton
14:00:02	27.09	8.56	15.94	14.99
14:30:02	27.52	8.54	16.29	15.99
15:00:02	24.89	8.89	16.68	14.46
15:30:02	10.74	8.63	17.35	7.02
16:00:02	11.63	8.62	17.01	7.31
16:30:02	11.90	8.55	17.15	7.68
17:00:02	13.19	8.41	17.05	8.54
17:30:02	15.45	8.24	16.84	9.98
18:00:02	18.92	8.15	16.33	11.60



รูปที่ 4-3 ภาระทำความเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (pre)

หากพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาทำงาน 8.00-17.30 น. ภาระทำความเย็นจะแสดงดังรูปที่ 4-4

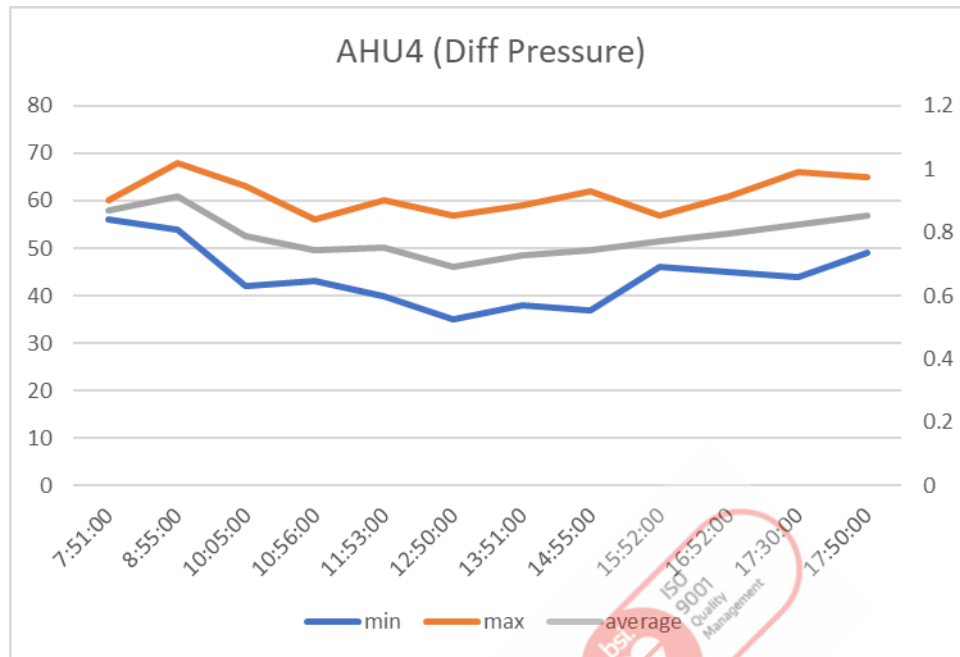


รูปที่ 4-4 ภาระทำความเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (pre) ในช่วงเวลาทำงาน

4.1.3 การตรวจวัดความดันแตกต่าง

ตารางที่ 4-3 การตรวจวัดความดันแตกต่างของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ก่อนการทดสอบ

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	ความดันตกคร่อมคอยล์ (Δ Pa)			ความเร็วลม (m/s)
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
7:51:00	5.12	56	60	58	1.29
8:55:00	5.38	54	68	61	1.27
10:05:00	4.75	42	63	52.5	1.16
10:56:00	4.78	43	56	49.5	1.17
11:53:00	4.66	40	60	50	1.15
12:50:00	4.66	35	57	46	1.21
13:51:00	4.63	38	59	48.5	1.18
14:55:00	4.66	37	62	49.5	1.26
15:52:00	5.04	46	57	51.5	1.26
16:52:00	5.03	45	61	53	1.26
17:30:00	5.05	44	66	55	1.32
17:50:00	5.06	49	65	57	1.29
		ค่าเฉลี่ย		52.6	1.23



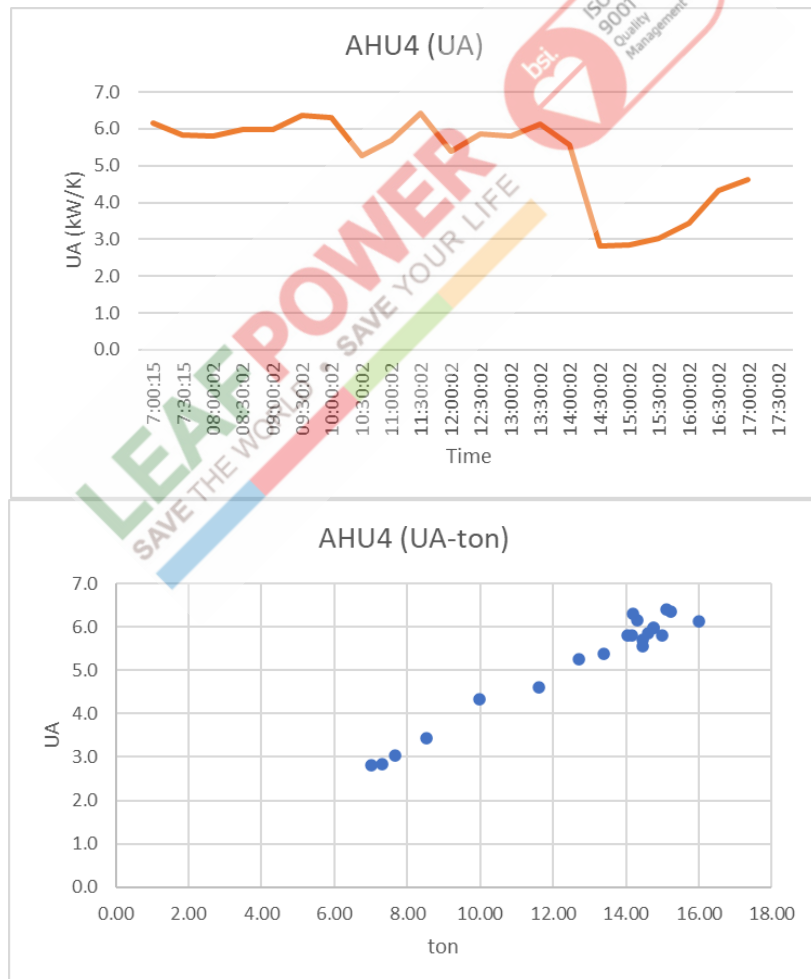
รูปที่ 4-5 ค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของความดันตกคร่อมคอยล์ AHU4 (pre)

4.1.4 การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อน

ตารางที่ 4-4 การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ก่อนการทดสอบ

เวลา	CHWs Temp [wi]	CHWr Temp [wo]	Air Supply temp [ao]	Air Return temp [ai]	Ton	ΔtA (°C)	ΔtB (°C)	LMDT (°C)	UA (kW/°C)
08:00:02	8.19	15.05	15.7	23.9	14.30	7.5	8.9	8.2	6.2
08:30:02	8.29	14.66	15.9	24.2	14.17	7.6	9.5	8.5	5.8
09:00:02	8.36	15.02	16.1	24.3	14.05	7.7	9.3	8.5	5.8
09:30:02	8.36	15.09	16.1	24.7	14.75	7.7	9.6	8.6	6.0
10:00:02	8.37	15.33	16.1	25	14.77	7.7	9.7	8.7	6.0
10:30:02	8.41	15.44	16.2	24.5	15.23	7.8	9.1	8.4	6.4
11:00:02	8.43	15.08	15.4	24	14.19	7.0	8.9	7.9	6.3
11:30:02	8.37	14.53	15.5	24.5	12.70	7.1	10.0	8.5	5.3
12:00:02	8.37	14.88	15.9	25.3	14.45	7.5	10.4	8.9	5.7
12:30:02	8.44	15.59	16	24.6	15.11	7.6	9.0	8.3	6.4
13:00:02	8.49	15.20	16.1	25.1	13.38	7.6	9.9	8.7	5.4
13:30:02	8.58	15.76	16.4	25.5	14.59	7.8	9.7	8.7	5.9
14:00:02	8.56	15.94	16.7	26	14.99	8.1	10.1	9.1	5.8

เวลา	CHWs Temp [wi]	CHWr Temp [wo]	Air Supply temp [ao]	Air Return temp [ai]	Ton	ΔtA (°C)	ΔtB (°C)	LMDT (°C)	UA (kW/°C)
14:30:02	8.54	16.29	17	26.2	15.99	8.5	9.9	9.2	6.1
15:00:02	8.89	16.68	19.2	24.7	14.46	10.3	8.0	9.1	5.6
15:30:02	8.63	17.35	19.1	24.6	7.02	10.5	7.2	8.8	2.8
16:00:02	8.62	17.01	19.3	24.6	7.31	10.7	7.6	9.0	2.8
16:30:02	8.55	17.15	19.2	24.5	7.68	10.7	7.3	8.9	3.0
17:00:02	8.41	17.05	18.8	24.3	8.54	10.4	7.3	8.7	3.4
17:30:02	8.24	16.84	17.6	23.8	9.98	9.4	7.0	8.1	4.3
18:00:02	8.15	16.33	18.9	23.5	11.60	10.7	7.2	8.8	4.6
ค่าเฉลี่ย					12.82	8.57	8.83	8.65	5.22



รูปที่ 4-6 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (pre)

AHU5



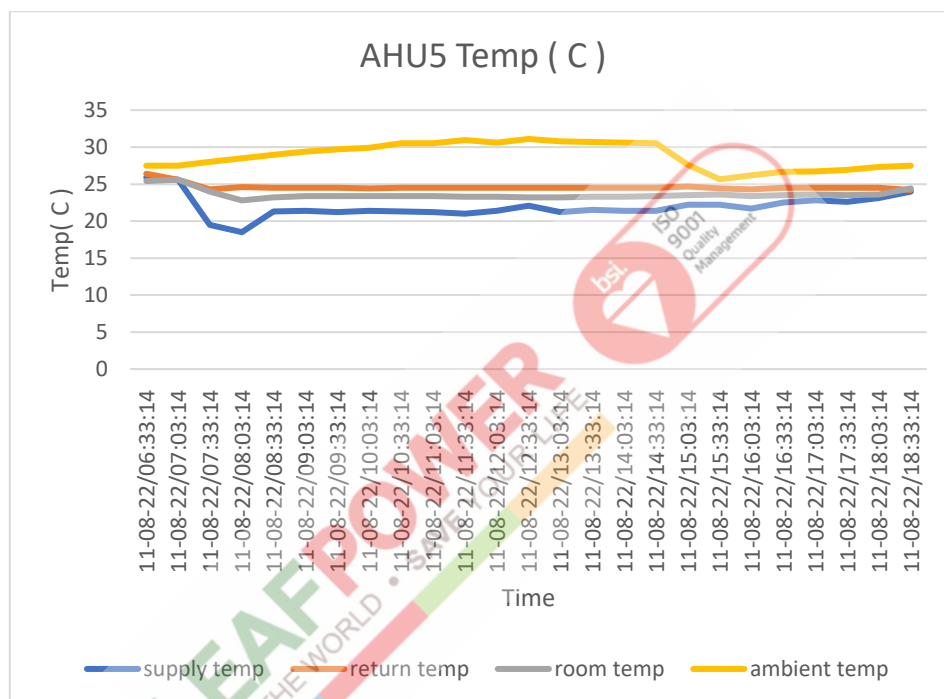
รูปที่ 4-7 การติดตั้งเครื่องวัดในเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5

4.1.5 การตรวจวัดด้านอากาศ

ตารางที่ 4-5 การตรวจวัดด้านอากาศของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 ก่อนการทดสอบ

เวลา	Supply air(T,%RH2)		Return air (T,%RH1)		Room (T,%RHr)		ambient (T,%RHa)	
	Temp°C	%RH	Temp°C	%RH	Temp°C	%RH	Temp°C	%RH
11-08-22/07:03:14	25.6	84	25.6	75.9	25.6	79.5	27.5	73.2
11-08-22/07:33:14	19.5	84	24.3	71.7	24	67.6	28	72.35
11-08-22/08:03:14	18.5	94.5	24.6	78.4	22.8	73.6	28.5	71
11-08-22/08:33:14	21.3	89	24.5	78.1	23.2	77.9	28.95	70.9
11-08-22/09:03:14	21.4	87.5	24.5	77.7	23.4	76.1	29.4	70.3
11-08-22/09:33:14	21.2	86.3	24.5	77.8	23.4	75.1	29.7	69.6
11-08-22/10:03:14	21.4	86.4	24.4	77.7	23.4	75.6	29.9	69
11-08-22/10:33:14	21.3	87.7	24.5	77.6	23.4	75.6	30.5	67.9
11-08-22/11:03:14	21.2	86.4	24.5	76	23.4	75	30.5	66.2
11-08-22/11:33:14	21	87.6	24.5	76.6	23.3	74.9	30.95	66.8
11-08-22/12:03:14	21.4	88.2	24.5	77.5	23.3	75.3	30.6	67.2
11-08-22/12:33:14	22.1	83.6	24.5	77.6	23.2	75.7	31.1	67.75
11-08-22/13:03:14	21.2	87.5	24.5	78.6	23.2	76.4	30.8	68.7
11-08-22/13:33:14	21.5	86.4	24.5	78.8	23.3	76.5	30.7	70.05
11-08-22/14:03:14	21.4	88.2	24.5	79.2	23.3	77.7	30.6	71
11-08-22/14:33:14	21.4	88.3	24.5	79.3	23.4	77.8	30.5	70
11-08-22/15:03:14	22.2	89	24.7	80.9	23.5	80.1	27.6	70.3

เวลา	Supply air(T,%RH2)		Return air (T,%RH1)		Room (T,%RHR)		ambient (T,%RHa)	
	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH
11-08-22/15:33:14	22.2	86.1	24.4	79.3	23.6	78.5	25.65	77.35
11-08-22/16:03:14	21.7	87.6	24.3	81	23.4	78.6	26.2	83
11-08-22/16:33:14	22.5	88.3	24.5	81.7	23.5	80.5	26.65	82.4
11-08-22/17:03:14	22.8	85.8	24.5	81	23.6	80.4	26.7	82.3
11-08-22/17:33:14	22.6	88.2	24.5	81.8	23.5	80.8	26.95	82.1
11-08-22/18:03:14	23.1	93.2	24.5	83.1	23.6	83.5	27.3	83.2



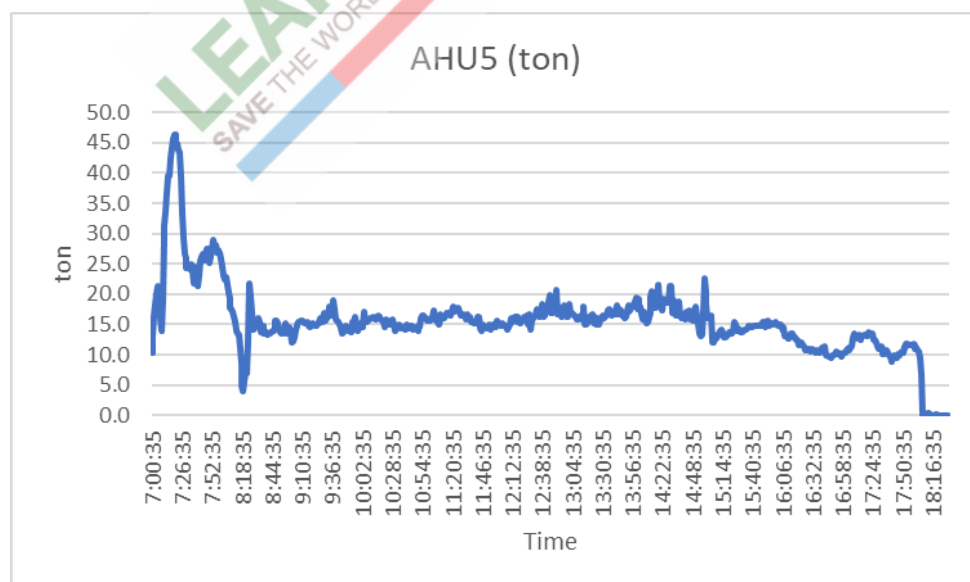
รูปที่ 4-8 อุณหภูมิอากาศที่จ่าย อากาศที่กลับ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิแวดล้อมของ AHU5 (pre)

4.1.6 การตรวจวัดด้านน้ำเย็น

ตารางที่ 4-6 การตรวจวัดด้านน้ำเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 ก่อนการทดสอบ

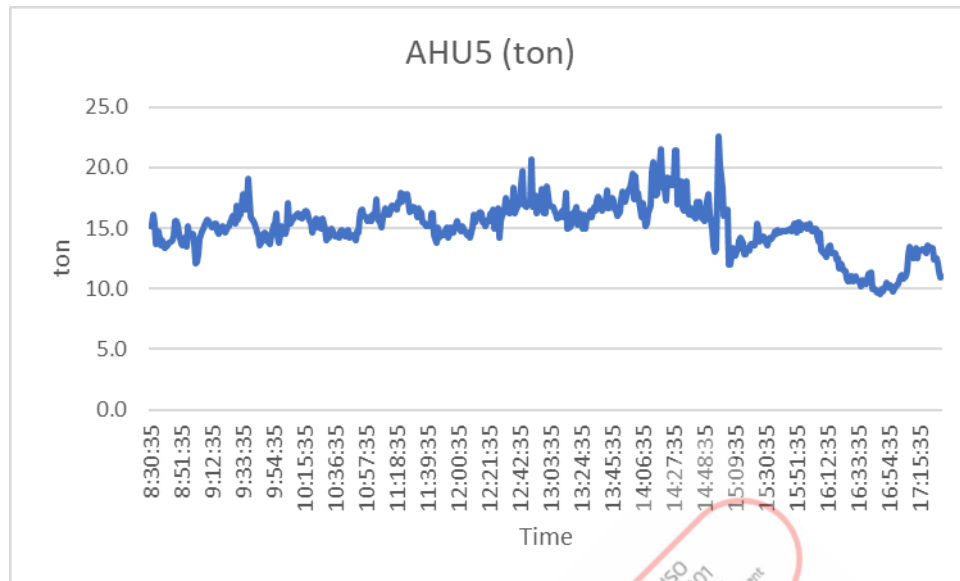
เวลา	Flow (GPM) [WF]	Chilled water supply temp [wi]	Chilled water Return temp [wo]	Ton
07:00:02	19.45	23.83	25.39	3.36
07:30:02	58.62	12.54	19.62	31.63
08:00:02	45.44	8.21	15.74	25.62
08:30:02	22.72	8.36	18.09	15.20
09:00:02	19.37	8.59	18.46	14.29

เวลา	Flow (GPM) [WF]	Chilled water supply temp [wi]	Chilled water Return temp [wo]	Ton
09:30:02	22.29	8.59	17.55	14.97
10:00:02	22.41	8.61	17.72	15.30
10:30:02	24.24	8.70	17.27	15.57
11:00:02	23.17	8.70	17.29	14.91
11:30:02	26.71	8.59	16.86	16.57
12:00:02	23.27	8.65	17.37	15.19
12:30:02	24.35	8.76	17.23	15.44
13:00:02	28.21	8.72	16.83	17.17
13:30:02	25.51	8.74	17.20	16.16
14:00:02	27.69	8.81	17.10	17.21
14:30:02	29.12	8.83	17.15	18.17
15:00:02	26.43	9.24	17.69	16.75
15:30:02	18.47	8.88	18.96	13.90
16:00:02	21.60	8.70	17.85	14.82
16:30:02	16.61	8.72	19.07	12.73
17:00:02	11.42	8.55	20.62	10.33
17:30:02	14.54	8.32	19.76	12.44
18:00:02	11.24	8.22	20.80	10.58



รูปที่ 4-9 ภาระทำความเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (pre)

หากพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาทำงาน 8.30-17.30 น. ภาระทำความเย็นจะแสดงดังรูปที่ 4-10

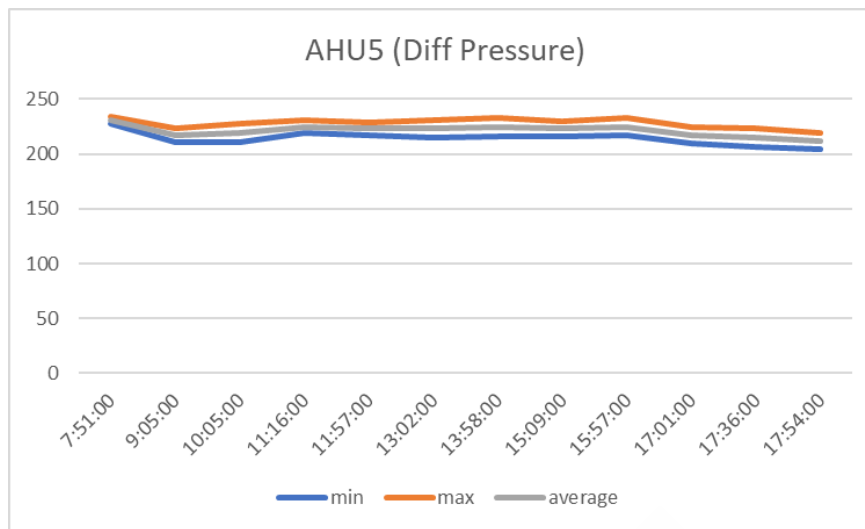


รูปที่ 4-10 ภาระทำความเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (pre) ในช่วงเวลาทำงาน

4.1.7 การตรวจวัดความดันแตกต่าง

ตารางที่ 4-7 การตรวจวัดความดันแตกต่างของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 ก่อนการทดสอบ

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	ความดันตกคร่อมคอยล์ (Δ Pa)			ความเร็วลม (m/s)
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
7:51:00	5.55	228	234	231	2.59
9:05:00	5.53	211	223	217	2.58
10:05:00	5.56	211	228	219.5	2.73
11:16:00	5.58	219	231	225	2.73
11:57:00	5.55	217	229	223	2.75
13:02:00	5.56	215	231	223	2.64
13:58:00	5.56	216	233	224.5	2.65
15:09:00	5.56	216	230	223	2.65
15:57:00	5.57	217	233	225	2.61
17:01:00	5.55	210	225	217.5	2.56
17:36:00	5.55	206	223	214.5	2.63
17:54:00	5.57	204	219	211.5	2.59
		ค่าเฉลี่ย		221.2	2.65



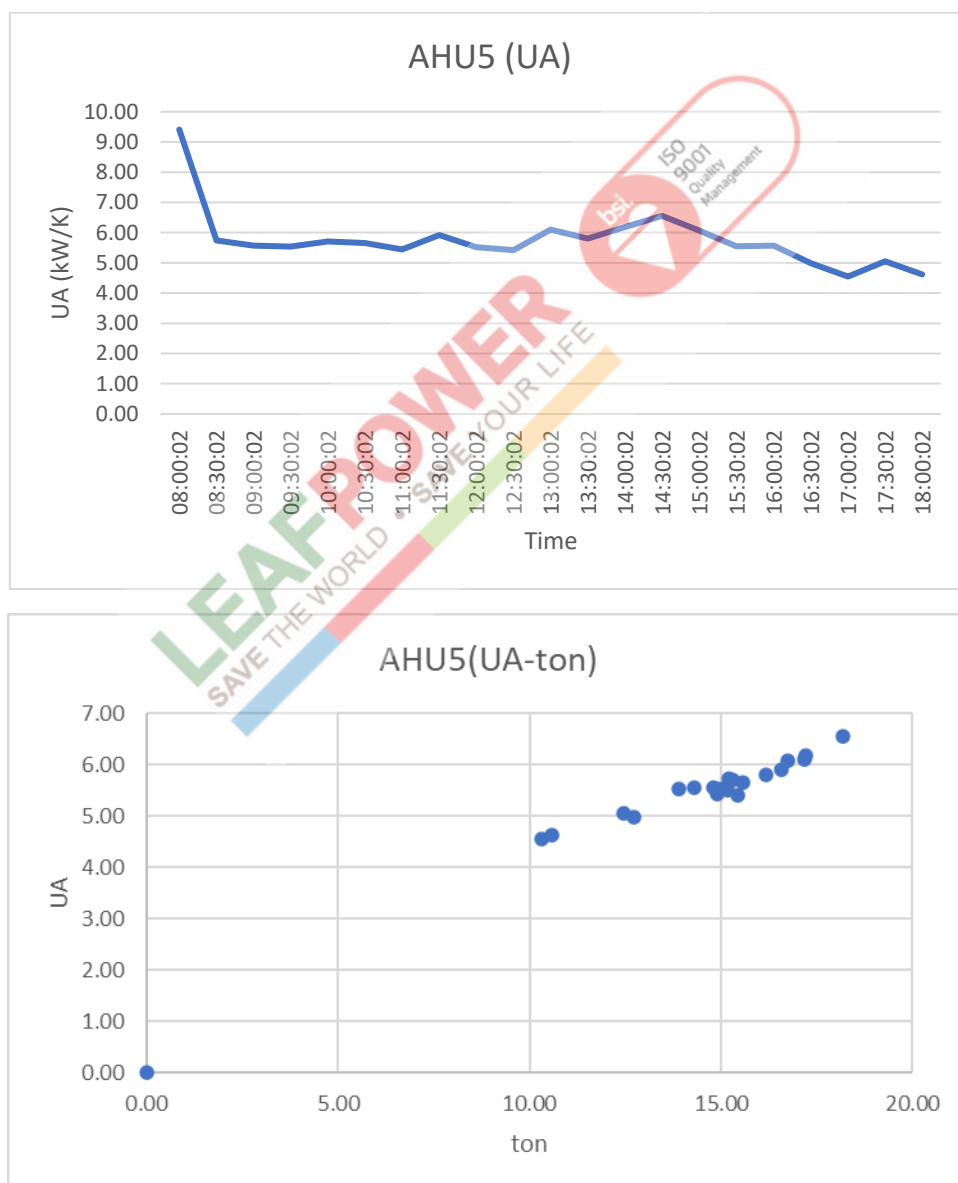
รูปที่ 4-11 ค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของความดันตกคร่อมคอยล์ AHU5 (pre)

4.1.8 การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อน

ตารางที่ 4-8 การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 ก่อนการทดสอบ

เวลา	CHWs Temp [wi]	CHWr Temp [wo]	Air Supply temp [ao]	Air Return temp [ai]	Ton	Δt_A ($^{\circ}\text{C}$)	Δt_B ($^{\circ}\text{C}$)	LMDT ($^{\circ}\text{C}$)	UA (kW/ $^{\circ}\text{C}$)
08:00:02	8.21	15.74	18.5	24.6	25.62	10.29	8.86	9.56	9.41
08:30:02	8.36	18.09	21.3	24.5	15.20	12.94	6.41	9.30	5.74
09:00:02	8.59	18.46	21.4	24.5	14.29	12.81	6.04	9.01	5.57
09:30:02	8.59	17.55	21.2	24.5	14.97	12.61	6.95	9.50	5.53
10:00:02	8.61	17.72	21.4	24.4	15.30	12.79	6.68	9.40	5.71
10:30:02	8.70	17.27	21.3	24.5	15.57	12.60	7.23	9.67	5.65
11:00:02	8.70	17.29	21.2	24.5	14.91	12.50	7.21	9.62	5.44
11:30:02	8.59	16.86	21	24.5	16.57	12.41	7.64	9.83	5.92
12:00:02	8.65	17.37	21.4	24.5	15.19	12.75	7.13	9.67	5.51
12:30:02	8.76	17.23	22.1	24.5	15.44	13.34	7.27	10.00	5.42
13:00:02	8.72	16.83	21.2	24.5	17.17	12.48	7.67	9.88	6.10
13:30:02	8.74	17.20	21.5	24.5	16.16	12.76	7.30	9.78	5.80
14:00:02	8.81	17.10	21.4	24.5	17.21	12.59	7.40	9.76	6.19
14:30:02	8.83	17.15	21.4	24.5	18.17	12.57	7.35	9.72	6.56
15:00:02	9.24	17.69	22.2	24.7	16.75	12.96	7.01	9.68	6.07
15:30:02	8.88	18.96	22.2	24.4	13.90	13.32	5.44	8.80	5.54

เวลา	CHWs Temp [wi]	CHWr Temp [wo]	Air Supply temp [ao]	Air Return temp [ai]	Ton	ΔtA ($^{\circ}C$)	ΔtB ($^{\circ}C$)	LMDT ($^{\circ}C$)	UA (kW/ $^{\circ}C$)
16:00:02	8.70	17.85	21.7	24.3	14.82	13.00	6.45	9.34	5.57
16:30:02	8.72	19.07	22.5	24.5	12.73	13.78	5.43	8.96	4.98
17:00:02	8.55	20.62	22.8	24.5	10.33	14.25	3.88	7.97	4.55
17:30:02	8.32	19.76	22.6	24.5	12.44	14.28	4.74	8.65	5.05
18:00:02	8.22	20.80	23.1	24.5	10.58	14.88	3.70	8.04	4.62
ค่าเฉลี่ย					15.40	12.95	6.56	9.34	5.76



รูปที่ 4-12 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (pre)

4.2 ผลการตรวจวัดหลังทดสอบ

หลังจากตรวจวัดสภาพก่อนดำเนินการ ในข้อ 4.1 (Pre Audit) เครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสองทำงานในสภาวะปกติ โดยเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 เปิดระบบ UVGI ต่อเนื่องกัน ขณะที่เครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ไม่มีการเปิดระบบ UVGI หลังจากใช้งานครบ 45 วัน ในวันที่ 26 กันยายน 2565 ได้ทำการตรวจวัดผลอีกครั้ง (Post Audit)มีผลดังนี้

AHU4



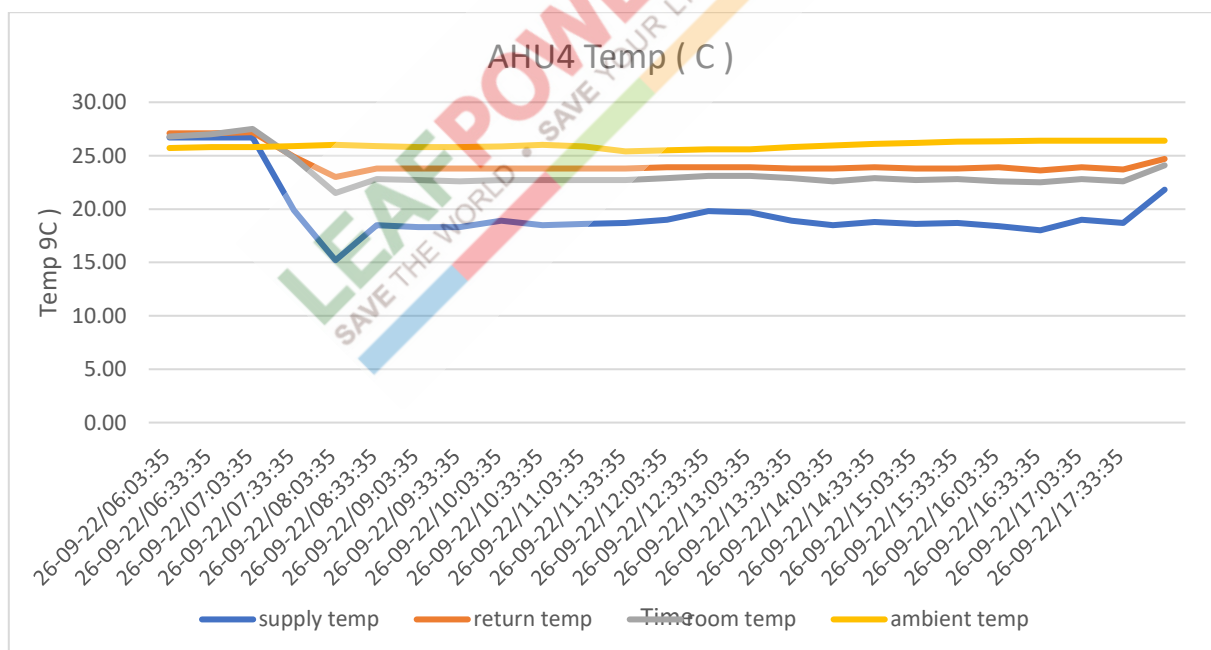
รูปที่ 4-13 เครื่องวัดที่ติดตั้งภายในเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4

4.2.1 การตรวจวัดด้านอากาศ

ตารางที่ 4-9 การตรวจวัดด้านอากาศของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 หลังการทดสอบ

เวลา	Supply air(T,%RH2)		Return air (T,%RH1)		Room (T,%RHr)		ambient (T,%RHa)	
	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH
26-09-22/06:03:35	26.70	89.60	27.10	91.40	26.80	88.30	25.70	84.90
26-09-22/06:33:35	26.70	89.50	27.10	91.30	27.00	87.90	25.80	84.50
26-09-22/07:03:35	26.70	87.90	27.20	86.40	27.50	86.40	25.80	85.35
26-09-22/07:33:35	19.90	82.90	24.90	77.50	24.80	74.30	25.90	85.40
26-09-22/08:03:35	15.20	96.40	23.00	75.00	21.50	79.60	26.00	85.40
26-09-22/08:33:35	18.50	99.50	23.80	80.90	22.80	84.20	25.90	86.60
26-09-22/09:03:35	18.30	97.50	23.80	80.90	22.70	83.10	25.80	86.15
26-09-22/09:33:35	18.30	97.80	23.80	81.90	22.60	83.10	25.80	85.80
26-09-22/10:03:35	18.90	99.50	23.80	81.90	22.70	85.60	25.85	85.95
26-09-22/10:33:35	18.50	97.60	23.80	80.90	22.70	83.50	26.00	85.40
26-09-22/11:03:35	18.60	98.10	23.80	81.10	22.70	83.60	25.85	85.55

เวลา	Supply air(T,%RH2)		Return air (T,%RH1)		Room (T,%RHr)		ambient (T,%RHa)	
	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH
26-09-22/11:33:35	18.70	97.70	23.80	80.90	22.70	83.50	25.40	84.40
26-09-22/12:03:35	19.00	97.70	23.90	81.30	22.90	83.90	25.50	83.60
26-09-22/12:33:35	19.80	98.70	23.90	82.90	23.10	86.40	25.60	84.00
26-09-22/13:03:35	19.70	96.10	23.90	82.50	23.10	84.30	25.60	84.10
26-09-22/13:33:35	18.90	96.60	23.80	80.30	22.90	81.90	25.80	84.50
26-09-22/14:03:35	18.50	98.50	23.80	81.30	22.60	85.50	25.95	84.75
26-09-22/14:33:35	18.80	97.50	23.90	81.00	22.90	83.10	26.10	84.60
26-09-22/15:03:35	18.60	97.90	23.80	80.60	22.70	83.40	26.20	84.60
26-09-22/15:33:35	18.70	97.80	23.80	81.00	22.80	83.40	26.30	85.40
26-09-22/16:03:35	18.40	98.00	23.90	81.70	22.60	83.20	26.35	84.20
26-09-22/16:33:35	18.00	97.90	23.60	80.00	22.50	82.80	26.40	84.20
26-09-22/17:03:35	19.00	99.20	23.90	82.50	22.80	84.20	26.40	84.40
26-09-22/17:33:35	18.70	99.00	23.70	82.70	22.60	85.20	26.40	84.60
26-09-22/18:03:35	21.80	100.00	24.70	83.80	24.10	90.20	26.40	84.60

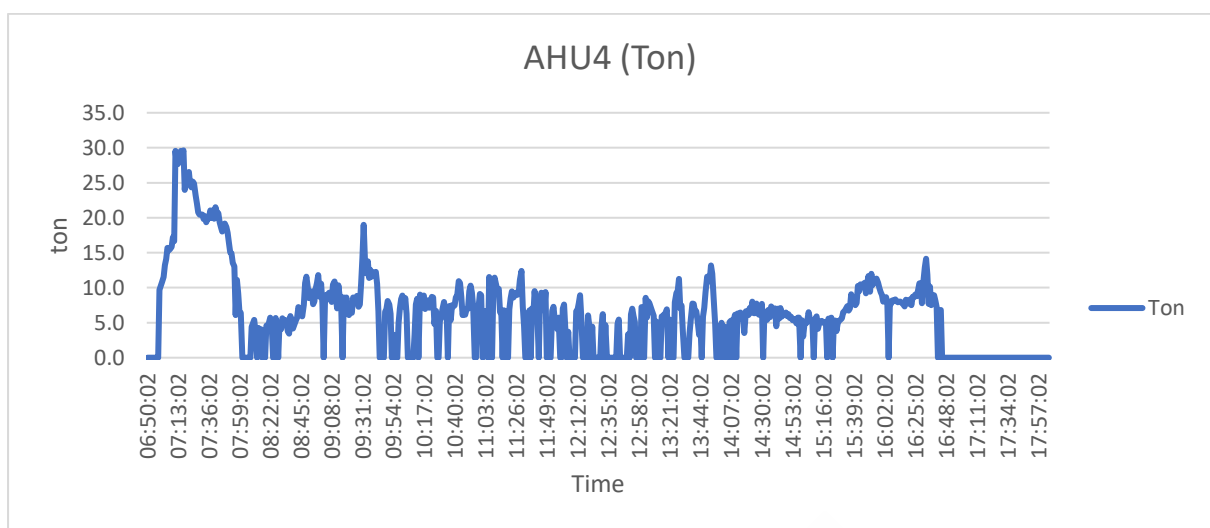


รูปที่ 4-14 อุณหภูมิอากาศที่จ่าย อากาศที่กลับ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิแวดล้อมของ AHU4 (post)

4.2.2 การตรวจวัดด้านน้ำเย็น

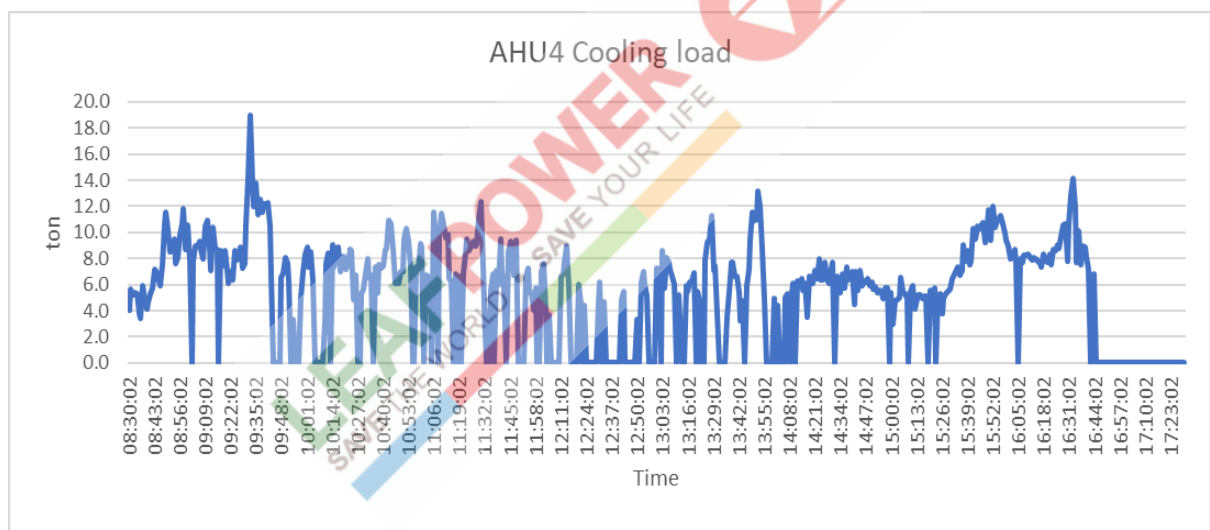
ตารางที่ 4-10 การตรวจวัดด้านน้ำเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 หลังการทดสอบ

เวลา	Flow (GPM) [WF]	Chilled water supply temp [wi]	Chilled water Return temp [wo]	Ton
6:00:00	0	8.49	14.43	0
6:30:00	0.00	8.49	14.43	0.00
07:00:02	4.02	8.52	14.80	2.00
07:30:02	29.88	8.33	18.07	21.87
08:00:02	25.12	8.40	17.27	16.90
08:30:02	4.03	8.27	16.39	2.46
09:00:02	10.72	8.23	17.19	7.33
09:30:02	11.31	8.24	17.45	7.82
10:00:02	10.96	8.24	17.08	7.38
10:30:02	7.93	8.18	17.26	5.40
11:00:02	9.47	8.21	18.21	7.10
11:30:02	8.22	8.30	19.57	7.02
12:00:02	5.42	8.30	19.75	4.56
12:30:02	3.37	8.27	18.11	2.59
13:00:02	2.85	8.27	17.77	1.87
13:30:02	7.57	8.76	18.20	5.31
14:00:02	7.89	8.56	17.29	5.15
14:30:02	7.36	8.58	17.60	4.95
15:00:02	9.40	8.50	16.48	5.62
15:30:02	8.10	8.57	16.14	4.60
16:00:02	13.08	8.48	17.94	9.31
16:30:02	12.66	8.46	16.97	8.05
17:00:02	6.06	10.62	18.56	3.39
17:30:02	10.20	20.28	13.70	0.00
18:00:02	0.00	2.55	1.24	0.00



รูปที่ 4-15 ภาระทำความเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (post)

หากพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาทำงาน 8.30-17.30 น. ภาระทำความเย็นจะแสดงดังรูปที่ 4-16



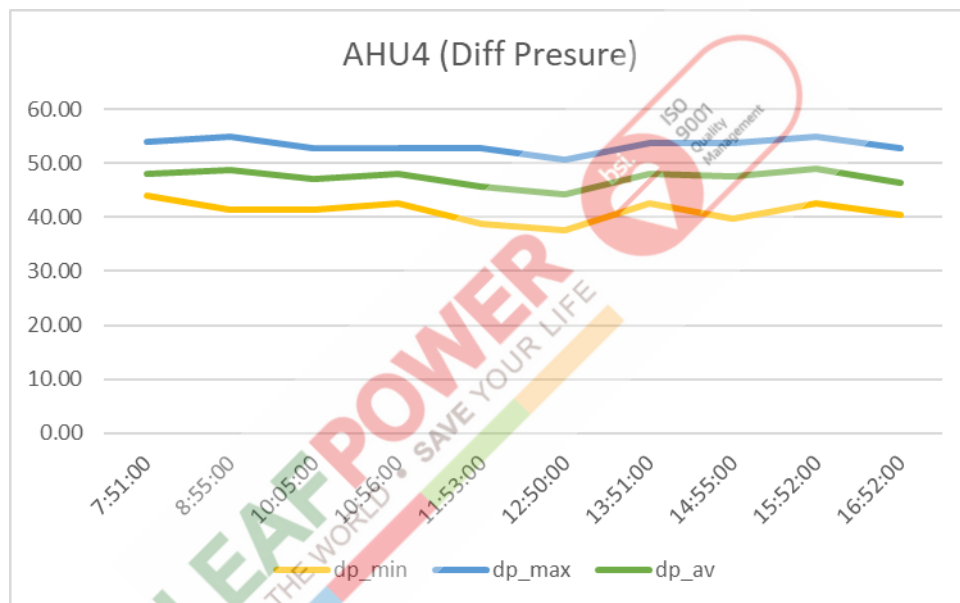
รูปที่ 4-16 ภาระทำความเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (post) ในช่วงเวลาทำงาน

4.2.3 การตรวจวัดความดันแตกต่าง

ตารางที่ 4-11 การตรวจวัดความดันแตกต่างของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 หลังการทดสอบ

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	ความดันตกคร่อมคอยล์ (Δ Pa)			ความเร็วลม (m/s)
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
8:23:00	5.21	44.00	54.00	48.00	0.9
9:00:00	5.21	41.33	55.00	48.67	1.0
10:00:00	5.21	41.33	52.67	47.00	1.02

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	ความดันตกคร่อมคอยล์ (Δ Pa)			ความเร็วลม (m/s)
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
11:00:00	5.19	42.67	52.67	48.00	1.01
12:00:00	5.20	38.67	52.67	45.67	0.87
13:00:00	5.20	37.67	50.67	44.33	1.08
14:00:00	5.18	42.67	53.67	48.00	0.81
15:00:00	5.17	39.67	53.67	47.67	1.01
16:00:00	5.13	42.67	55.00	49.00	0.82
17:00:00	5.16	40.33	52.67	46.33	0.86
	ค่าเฉลี่ย			47.3	0.94



รูปที่ 4-17 ค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของความดันตกคร่อมคอยล์ AHU4 (post)

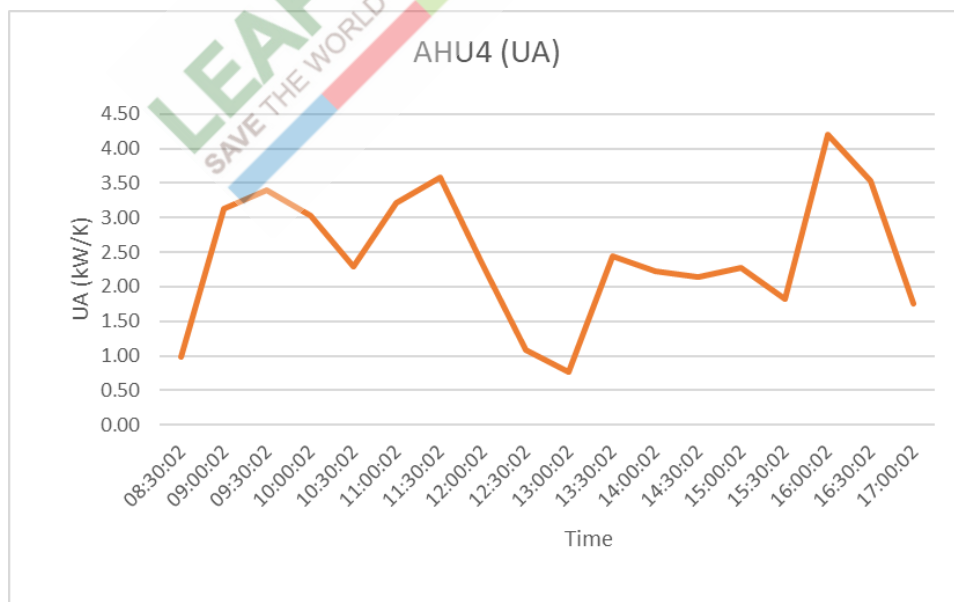
4.2.4 การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อน

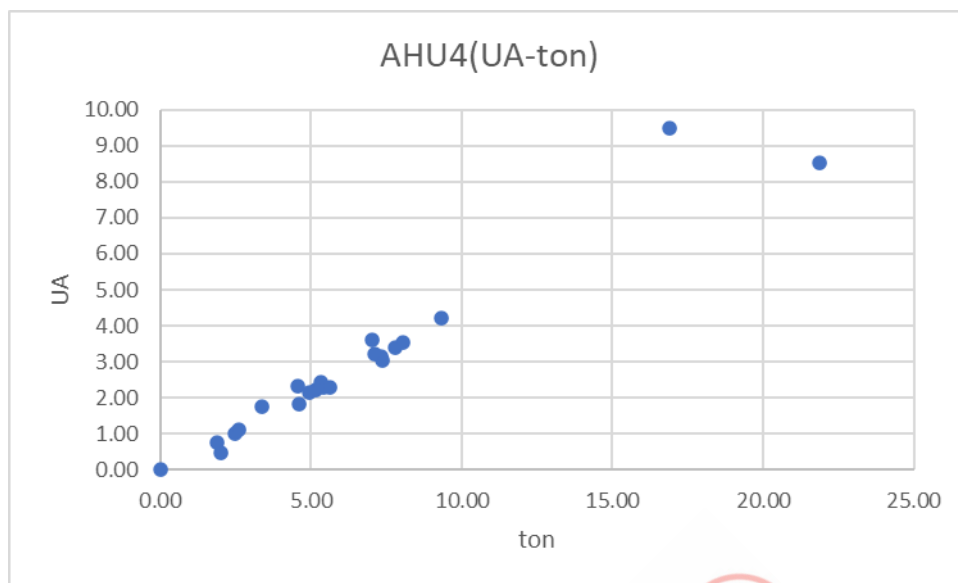
ตารางที่ 4-12 การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 หลังการทดสอบ

เวลา	CHWs Temp [wi]	CHWr Temp [wo]	Air Supply temp [ao]	Air Return temp [ai]	Ton	Δ tA ($^{\circ}$ C)	Δ tB ($^{\circ}$ C)	LMDT ($^{\circ}$ C)	UA (kW/ $^{\circ}$ C)
08:00:02	8.40	17.27	15.20	23.00	16.90	6.80	5.73	6.25	9.50
08:30:02	8.27	16.39	18.50	23.80	2.46	10.23	7.41	8.75	0.99
09:00:02	8.23	17.19	18.30	23.80	7.33	10.07	6.61	8.22	3.13
09:30:02	8.24	17.45	18.30	23.80	7.82	10.06	6.35	8.06	3.40

รายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์พลังงานเครื่องจ่ายลมเย็นที่มีการติดตั้งระบบ UVGI

เวลา	CHWs Temp [wi]	CHWr Temp [wo]	Air Supply temp [ao]	Air Return temp [ai]	Ton	ΔtA (°C)	ΔtB (°C)	LMDT (°C)	UA (kW/°C)
10:00:02	8.24	17.08	18.90	23.80	7.38	10.67	6.72	8.54	3.03
10:30:02	8.18	17.26	18.50	23.80	5.40	10.32	6.54	8.29	2.28
11:00:02	8.21	18.21	18.60	23.80	7.10	10.39	5.59	7.74	3.22
11:30:02	8.30	19.57	18.70	23.80	7.02	10.40	4.23	6.86	3.59
12:00:02	8.30	19.75	19.00	23.90	4.56	10.70	4.15	6.92	2.32
12:30:02	8.27	18.11	19.80	23.90	2.59	11.53	5.79	8.33	1.09
13:00:02	8.27	17.77	19.70	23.90	1.87	11.43	6.13	8.51	0.77
13:30:02	8.76	18.20	18.90	23.80	5.31	10.14	5.60	7.65	2.44
14:00:02	8.56	17.29	18.50	23.80	5.15	9.94	6.51	8.11	2.23
14:30:02	8.58	17.60	18.80	23.90	4.95	10.22	6.30	8.10	2.14
15:00:02	8.50	16.48	18.60	23.80	5.62	10.10	7.32	8.64	2.28
15:30:02	8.57	16.14	18.70	23.80	4.60	10.13	7.66	8.84	1.83
16:00:02	8.48	17.94	18.40	23.90	9.31	9.92	5.96	7.77	4.21
16:30:02	8.46	16.97	18.00	23.60	8.05	9.54	6.63	8.00	3.53
17:00:02	10.62	18.56	19.00	23.90	3.39	8.38	5.34	6.75	1.76
ค่าเฉลี่ย					6.15	10.05	6.14	7.91	2.83





รูปที่ 4-18 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (post)

AHU5

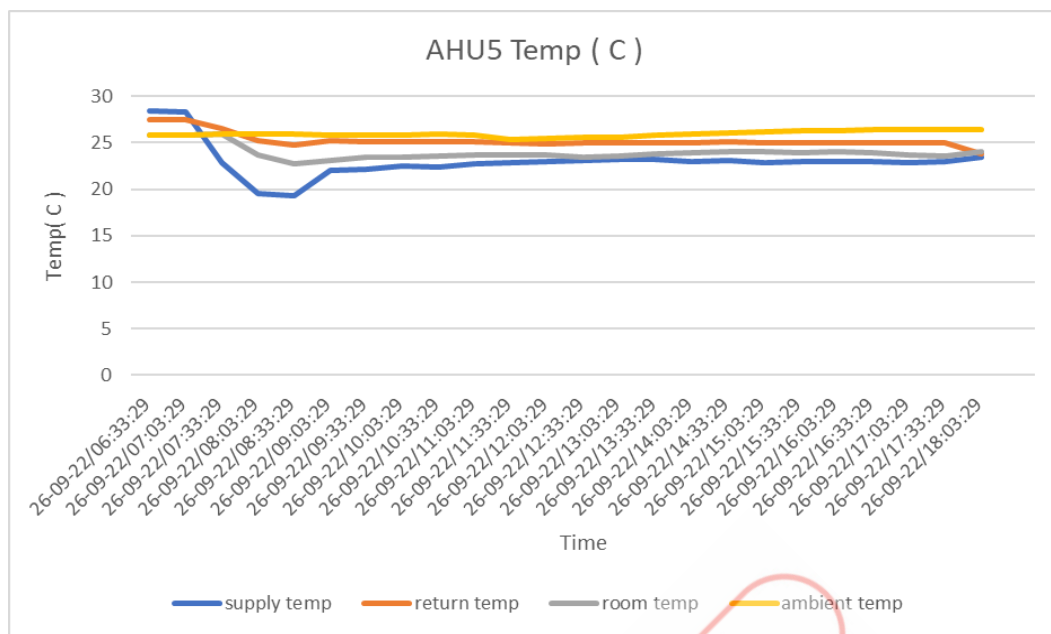


รูปที่ 4-19 เครื่องวัดที่ติดตั้งภายในเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5

4.2.5 การตรวจวัดด้านอากาศ

ตารางที่ 4-13 การตรวจวัดด้านอากาศของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 หลังการทดสอบ

เวลา	Supply air(T,%RH2)		Return air (T,%RH1)		Room (T,%RHr)		ambient (T,%RHa)	
	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH	Temp℃	%RH
26-09-22/07:03:29	28.30	88.50	27.50	85.70	25.80	88.20	25.80	85.35
26-09-22/07:33:29	22.90	79.50	26.50	78.70	25.90	75.60	25.90	85.40
26-09-22/08:03:29	19.50	85.10	25.20	78.10	23.70	71.40	26.00	85.40
26-09-22/08:33:29	19.30	89.10	24.80	78.10	22.70	73.30	25.90	86.60
26-09-22/09:03:29	22.00	86.20	25.20	80.80	23.10	80.30	25.80	86.15
26-09-22/09:33:29	22.10	85.60	25.10	80.40	23.40	78.70	25.80	85.80
26-09-22/10:03:29	22.50	85.50	25.10	81.20	23.50	79.20	25.85	85.95
26-09-22/10:33:29	22.40	84.60	25.10	80.90	23.60	78.20	26.00	85.40
26-09-22/11:03:29	22.80	84.80	25.10	80.80	23.70	78.90	25.85	85.55
26-09-22/11:33:29	22.90	84.10	25.00	81.60	23.70	79.00	25.40	84.40
26-09-22/12:03:29	23.00	84.20	24.90	81.70	23.70	79.40	25.50	83.60
26-09-22/12:33:29	23.10	84.60	25.00	81.80	23.40	80.30	25.60	84.00
26-09-22/13:03:29	23.20	84.50	25.00	81.70	23.60	80.30	25.60	84.10
26-09-22/13:33:29	23.20	84.70	25.00	81.70	23.80	79.60	25.80	84.50
26-09-22/14:03:29	23.00	86.00	25.00	82.10	23.90	78.70	25.95	84.75
26-09-22/14:33:29	23.10	84.70	25.10	82.10	24.00	79.70	26.10	84.60
26-09-22/15:03:29	22.90	84.80	25.00	82.10	24.00	79.10	26.20	84.60
26-09-22/15:33:29	23.00	84.90	25.00	82.30	23.90	79.60	26.30	85.40
26-09-22/16:03:29	23.00	85.60	25.00	82.70	24.00	79.80	26.35	84.20
26-09-22/16:33:29	23.00	84.80	25.00	82.70	23.90	79.90	26.40	84.20
26-09-22/17:03:29	22.90	85.40	25.00	82.80	23.70	80.50	26.40	84.40
26-09-22/17:33:29	23.00	85.50	25.00	83.30	23.60	80.70	26.40	84.60
26-09-22/18:03:29	23.40	84.50	23.80	88.70	24.00	82.40	26.40	84.60



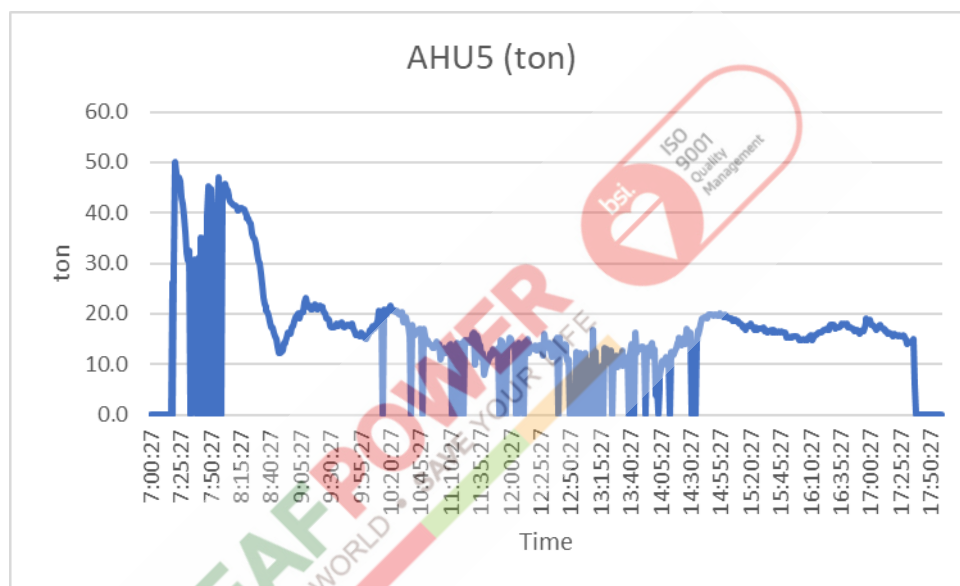
รูปที่ 4-20 อุณหภูมิอากาศที่จ่าย อากาศที่กลับ อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิแวดล้อมของ AHU5 (post)

4.2.6 การตรวจวัดด้านน้ำเย็น

ตารางที่ 4-14 การตรวจวัดด้านน้ำเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 หลังการทดสอบ

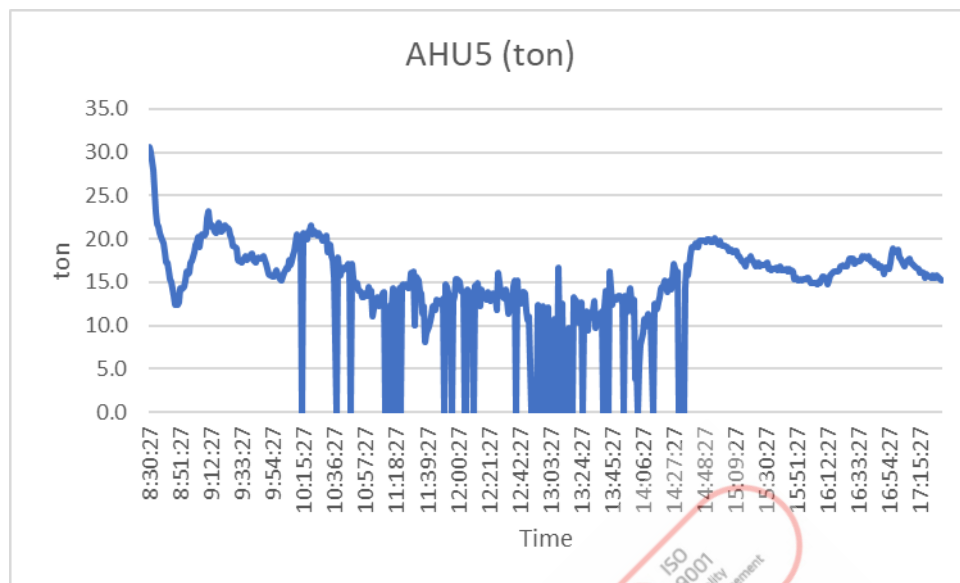
เวลา	Flow (GPM) [WF]	Chilled water supply temp [wi]	Chilled water Return temp [wo]	Ton
7:00:27	0.00	8.42	16.90	0.00
7:30:27	26.23	8.24	16.55	16.17
8:00:27	30.97	8.27	17.70	21.53
8:30:27	56.44	8.25	17.66	39.89
9:00:27	23.70	8.14	18.20	17.76
9:30:27	26.98	8.13	18.33	20.61
10:00:27	21.58	8.19	18.73	17.00
10:30:27	22.18	8.14	19.39	18.72
11:00:27	17.25	8.12	19.59	14.80
11:30:27	13.21	8.14	19.65	11.39
12:00:27	13.39	8.21	19.94	11.78
12:30:27	13.94	8.16	19.87	12.26
13:00:27	11.19	8.20	19.85	9.84
13:30:27	7.35	8.82	20.40	6.29
14:00:27	13.62	8.54	19.18	10.88
14:30:27	13.96	8.59	19.33	11.30

เวลา	Flow (GPM) [WF]	Chilled water supply temp [wi]	Chilled water Return temp [wo]	Ton
15:00:27	19.65	8.52	19.65	16.46
15:30:27	21.24	8.59	19.79	17.85
16:00:27	19.56	8.48	19.44	16.09
16:30:27	19.71	8.41	19.27	16.05
17:00:27	21.46	8.77	19.61	17.43
17:30:27	21.24	9.72	20.01	16.40
18:00:27	4.13	10.28	20.18	3.08



รูปที่ 4-21 ภาระทำความเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (post)

หากพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาทำงาน 8.30-17.30 น. ภาระทำความเย็นจะแสดงดังรูปที่ 4-22

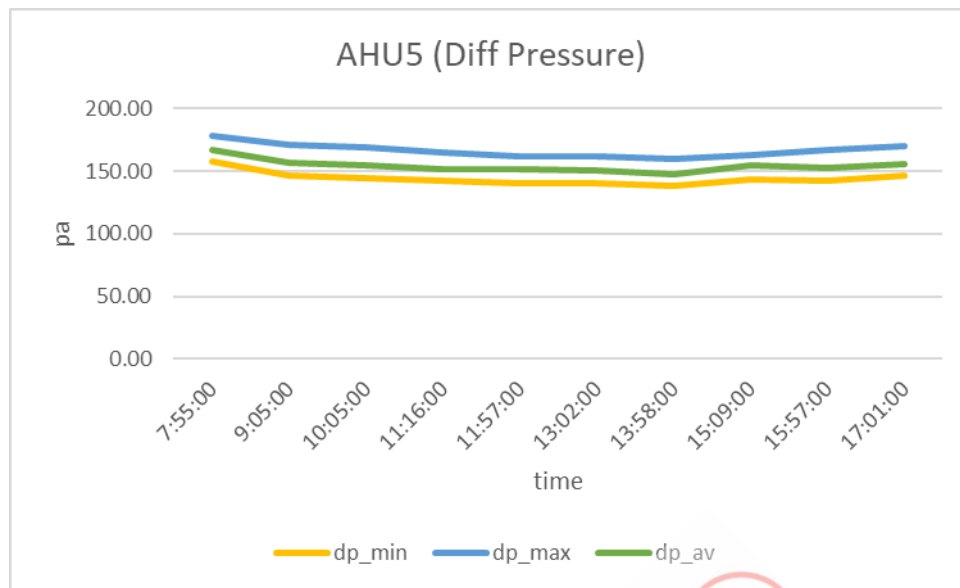


รูปที่ 4-22 ภาระทำความเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (post) ในช่วงเวลาทำงาน

4.2.7 การตรวจวัดความดันแตกต่าง

ตารางที่ 4-15 การตรวจวัดความดันแตกต่างของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 หลังการทดสอบ

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	ความดันตกคร่อมคอยล์ (Δ Pa)			ความเร็วลม (m/s)
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
8:23:00	6.01	157.67	178.00	167.33	2.44
9:00:00	6.05	146.67	171.00	156.67	2.41
10:00:00	6.05	144.67	168.67	154.33	2.45
11:00:00	6.04	143.00	165.33	151.67	2.51
12:00:00	6.06	140.00	162.33	151.67	2.44
13:00:00	6.08	140.33	162.33	150.67	2.44
14:00:00	6.07	138.33	159.67	147.67	2.53
15:00:00	6.10	144.00	163.33	154.33	2.51
16:00:00	6.09	143.00	166.67	153.00	2.51
17:00:00	6.08	146.67	170.33	156.33	2.51
		ค่าเฉลี่ย		154.4	2.48



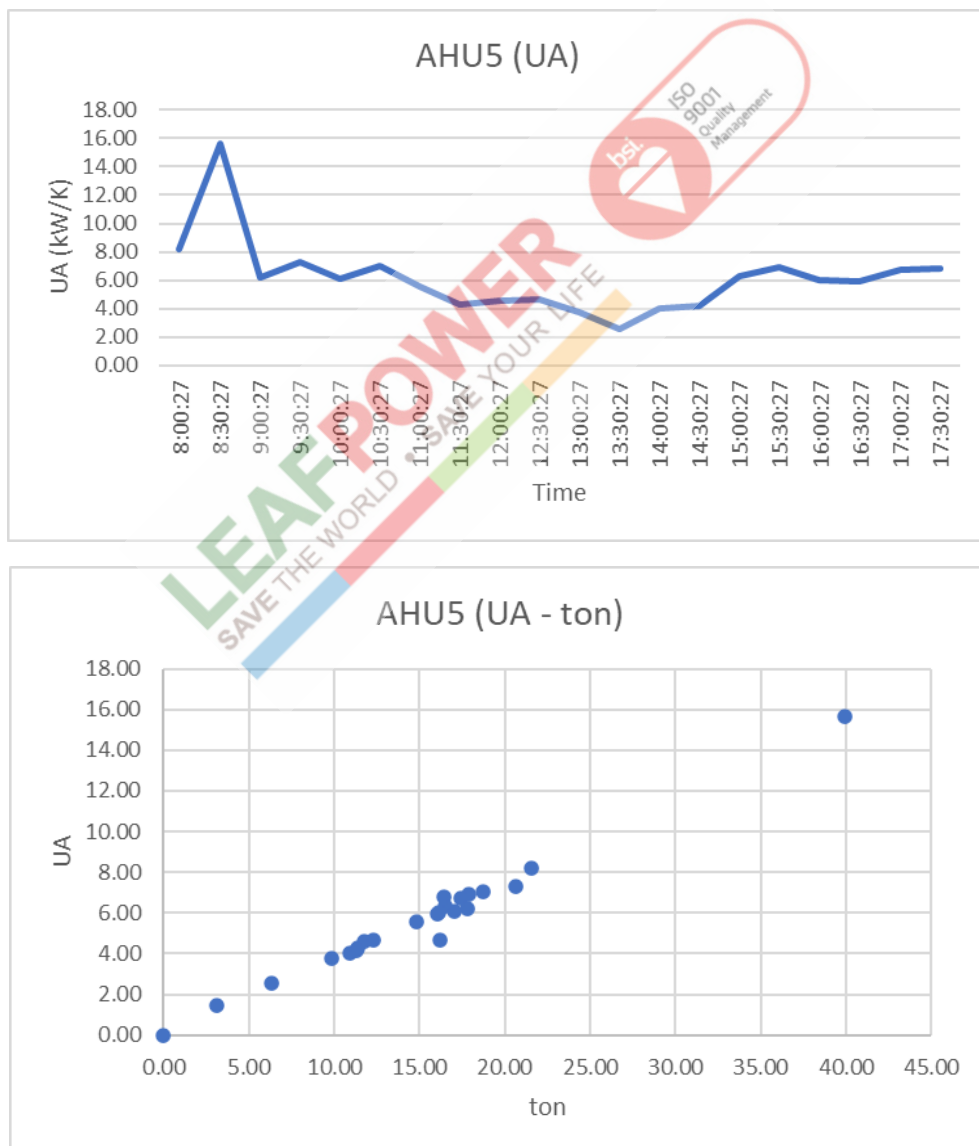
รูปที่ 4-23 ค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของความดันตกคร่อมคอยล์ AHU5 (post)

4.2.8 การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อน

ตารางที่ 4-16 การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 หลังการทดสอบ

เวลา	CHWs Temp [wi]	CHWr Temp [wo]	Air Supply temp [ao]	Air Return temp [ai]	Ton	ΔtA ($^{\circ}C$)	ΔtB ($^{\circ}C$)	LMDT ($^{\circ}C$)	UA (kW/ $^{\circ}C$)
8:00:27	8.27	17.70	19.50	25.20	21.53	11.23	7.50	9.24	8.18
8:30:27	8.25	17.66	19.30	24.80	39.89	11.05	7.14	8.95	15.64
9:00:27	8.14	18.20	22.00	25.20	17.76	13.86	7.00	10.04	6.21
9:30:27	8.13	18.33	22.10	25.10	20.61	13.97	6.77	9.94	7.28
10:00:27	8.19	18.73	22.50	25.10	17.00	14.31	6.37	9.81	6.09
10:30:27	8.14	19.39	22.40	25.10	18.72	14.26	5.71	9.34	7.03
11:00:27	8.12	19.59	22.80	25.10	14.80	14.68	5.51	9.36	5.55
11:30:27	8.14	19.65	22.90	25.00	11.39	14.76	5.35	9.27	4.31
12:00:27	8.21	19.94	23.00	24.90	11.78	14.79	4.96	9.00	4.60
12:30:27	8.16	19.87	23.10	25.00	12.26	14.94	5.13	9.18	4.69
13:00:27	8.20	19.85	23.20	25.00	9.84	15.00	5.15	9.21	3.75
13:30:27	8.82	20.40	23.20	25.00	6.29	14.38	4.60	8.59	2.57
14:00:27	8.54	19.18	23.00	25.00	10.88	14.46	5.82	9.49	4.02
14:30:27	8.59	19.33	23.10	25.10	11.30	14.51	5.77	9.48	4.19
15:00:27	8.52	19.65	22.90	25.00	16.46	14.38	5.35	9.14	6.32

เวลา	CHWs Temp [wi]	CHWr Temp [wo]	Air Supply temp [ao]	Air Return temp [ai]	Ton	ΔtA ($^{\circ}C$)	ΔtB ($^{\circ}C$)	LMDT ($^{\circ}C$)	UA (kW/ $^{\circ}C$)
15:30:27	8.59	19.79	23.00	25.00	17.85	14.41	5.21	9.04	6.93
16:00:27	8.48	19.44	23.00	25.00	16.09	14.52	5.56	9.34	6.05
16:30:27	8.41	19.27	23.00	25.00	16.05	14.59	5.73	9.48	5.94
17:00:27	8.77	19.61	22.90	25.00	17.43	14.13	5.39	9.07	6.75
17:30:27	9.72	20.01	23.00	25.00	16.40	13.28	4.99	8.47	6.80
18:00:27	10.28	20.18	23.40	23.80	3.08	13.12	3.62	7.38	1.47
ค่าเฉลี่ย					15.59	14.03	5.65	9.18	5.92



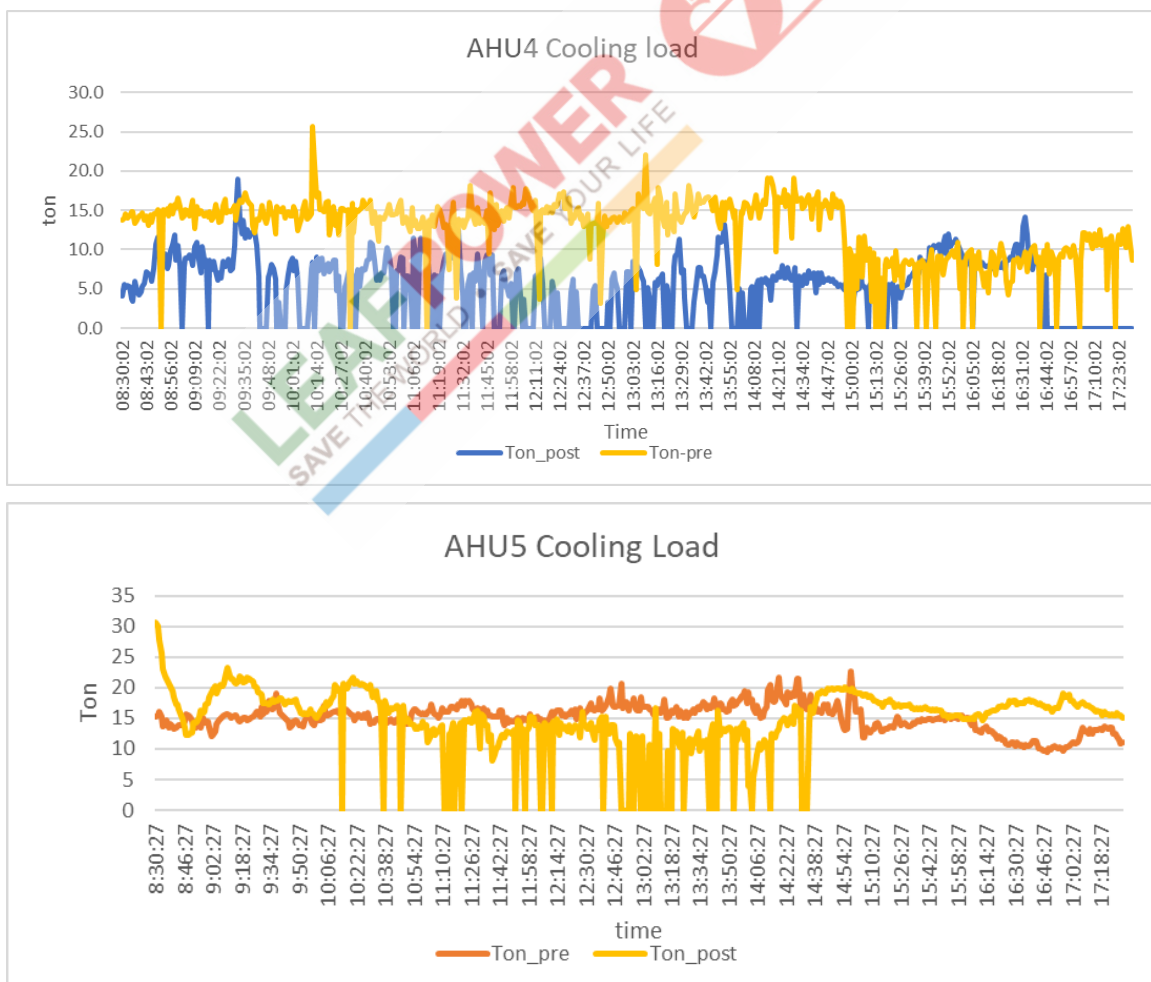
รูปที่ 4-24 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (post)

4.3 การเปรียบเทียบผล

เมื่อนำผลการตรวจวัดมาเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบ โดย AHU4 ไม่เปิดระบบ UVGI และ AHU5 เปิดระบบ UVGI เป็นเวลา 45 วัน มีผลการเปรียบเทียบในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- ภาระปรับอากาศ
- ความดันตกคร่อมคอยล์
- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
- อุณหภูมิอากาศและน้ำเย็น
- อัตราการไหลของน้ำเย็นเข้าคอยล์
- การใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลม

4.3.1 ภาระปรับอากาศ

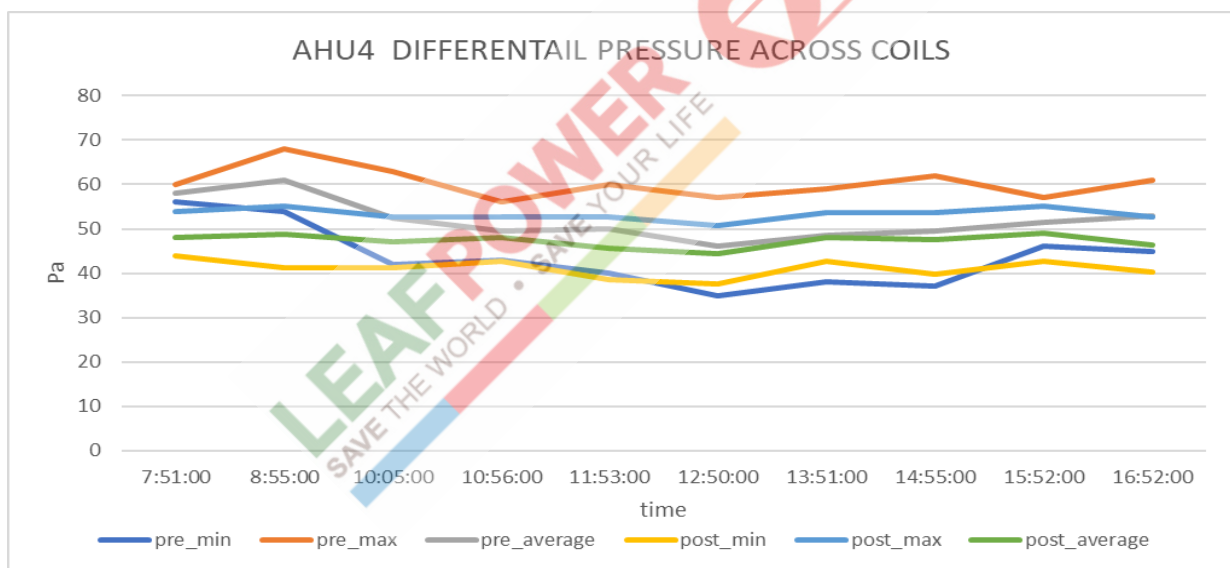


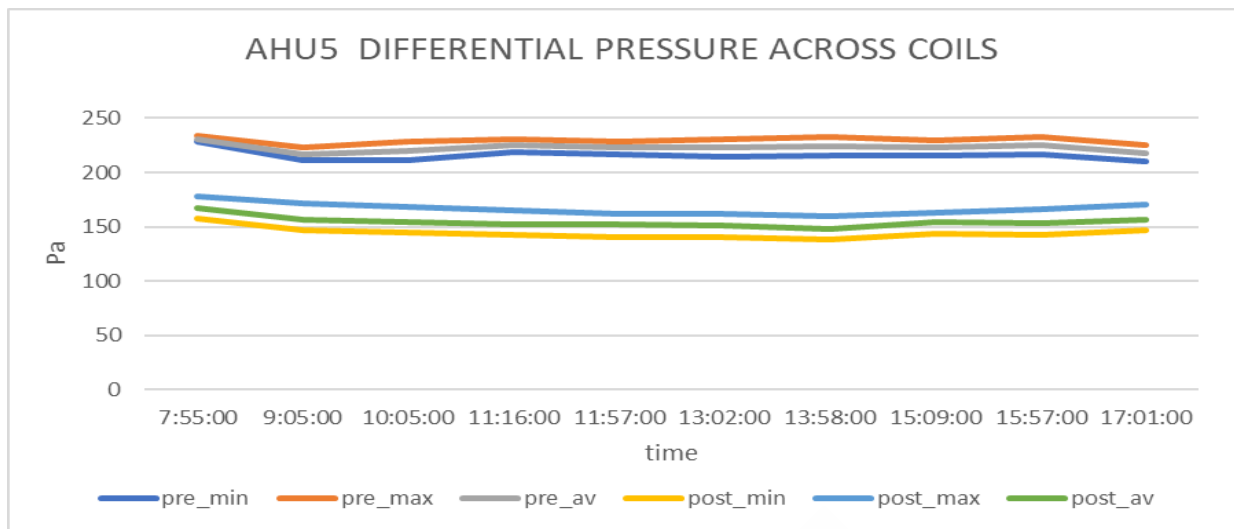
รูปที่ 4-25 การเปรียบเทียบภาระปรับอากาศ วันก่อน และวันหลังการทดสอบ 45 วัน

เครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสองมีการปรับอากาศทั้งสองวันที่ตรวจวัดตามสภาพการใช้งาน และอากาศแวดล้อม เครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ในวันแรกมีการปรับอากาศ ช่วงเวลา 8.30-15.00 น. ประมาณ 15 ตัน และหลังจากนั้นลดลงอยู่ในช่วง 5-10 ตัน ขณะที่วันหลังทดสอบ 45 วัน มีการปรับอากาศอยู่ในช่วง 5-10 ตัน ตลอดทั้งวัน ขณะที่เครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 มีการปรับอากาศในช่วงวันก่อนทดสอบและวันหลังทดสอบใกล้เคียงกัน ที่ 10-20 ตัน ดังกราฟเปรียบเทียบการปรับอากาศในรูปที่ 4-25

4.3.2 ความดันตกคร่อมคอยล์

เมื่อเปรียบเทียบความดันตกคร่อมคอยล์เครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสองชุด ดังกราฟแสดงค่าความดันแตกต่างที่ตรวจวัด 3 ค่า คือ ค่าต่ำสุด (min) ค่าสูงสุด (max) และค่าเฉลี่ย (average) ก่อนการทดสอบ (pre) และหลังการทดสอบ (post) พบว่า เครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (ปิดระบบ UVGI) ค่าความดันหลังทดสอบลดลงเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในช่วงเดียวกัน ขณะที่เครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (เปิดระบบ UVGI) หลังการทดสอบ ค่าความดันตกคร่อมลดลงประมาณร้อยละ 30





รูปที่ 4-26 การเปรียบเทียบความดันตกคร่อมคอยล์ วันก่อน และวันหลังการทดสอบ 45 วัน

ในการประเมินผลการลดลงของความดันตกคร่อม เพื่อตัดปัจจัยภายนอกอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อเครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสอง ใน 2 ช่วงเวลา จะใช้เครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ซึ่งไม่เปิดระบบ UVGI เป็นฐานเปรียบเทียบความดันตกคร่อมคอยล์ที่ลดลงของเครื่องจ่ายลมเย็นที่เปิดระบบ UVGI มากกว่าชุดที่ไม่เปิดร้อยละ 20 ผลการเปรียบเทียบสรุปได้ดังนี้

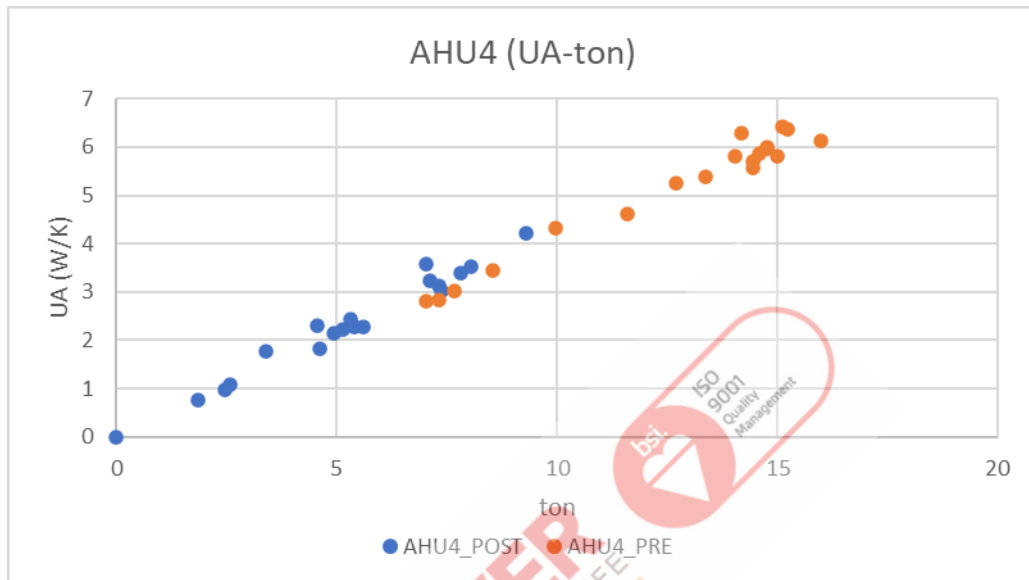
ตารางที่ 4-17 การเปรียบเทียบความดันตกคร่อมคอยล์ของเครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสอง

การเปรียบเทียบความดันเฉลี่ย (8.00-17.00 น.)	ค่าก่อนทดสอบ (Pa)	ค่าหลังทดสอบ (Pa)	เปลี่ยนแปลงร้อยละ (%)
AHU4 (ไม่ระบบ UVGI)	52.2	47.3	9.4
AHU5 (เปิดระบบ UVGI)	222.1	154.4	30.4
ผลที่เทียบกับกรณีไม่เปิดระบบ UVGI			20.0

4.3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

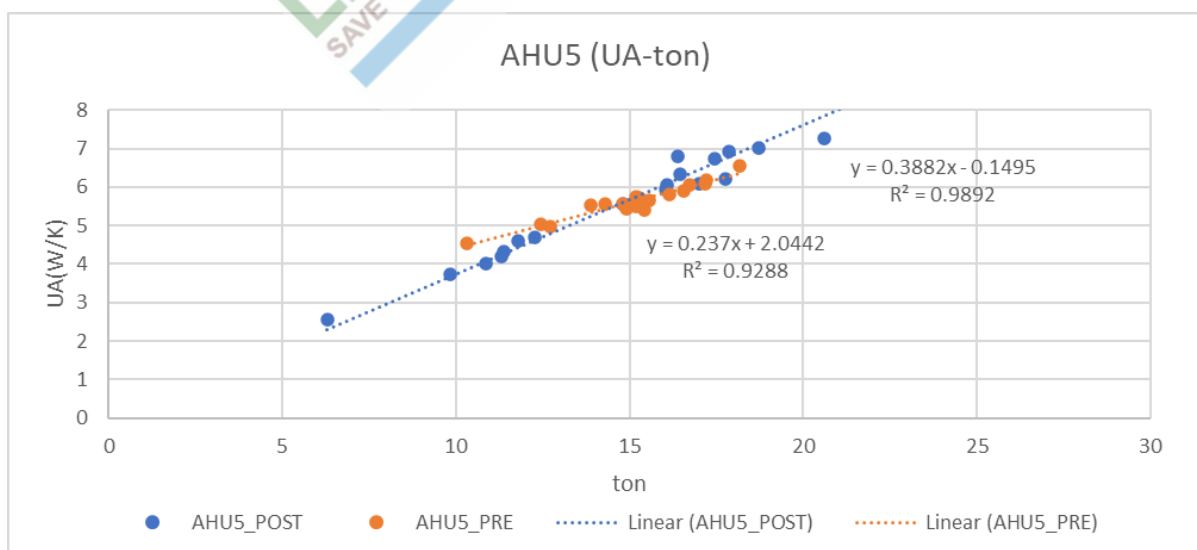
จากกราฟในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน หรือในที่นี้ใช้ค่า UA มีค่าผันแปรตามภาวะปรับอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบเป็นการทดสอบการใช้งานจริง ไม่สามารถควบคุมอัตรา การไหลน้ำเย็นให้คงที่ได้ ในการถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้าเครื่องจ่ายลมเย็น (w_i) ค่อนข้างคงที่ที่ 8°C จากเครื่องทำน้ำเย็นของอาคาร ขณะที่อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องจ่ายลมเย็น ก็ถูกควบคุมให้คงที่ประมาณ 25°C หากภาวะปรับอากาศเพิ่มขึ้น ระบบควบคุมจะเปิดวาล์วน้ำเย็นให้ไหลมากขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิ

อากาศและน้ำเย็นที่เข้าถ่ายเทความร้อนจึงค่อนข้างคงที่ตลอดเวลา ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในสภาพการใช้งานจริงจึงผันแปรตามภาระปรับอากาศ ในการเปรียบเทียบค่า UA จึงจำเป็นต้องเปรียบเทียบที่ภาระปรับอากาศ หรือ ต้นความเย็นเท่ากัน ดังกราฟระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และต้นความเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสอง ในรูปที่ 4-27 และ 4-28



รูปที่ 4-27 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4

เครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ค่า UA ก่อนและหลังการทดสอบที่ต้นความเย็นเท่ากัน เส้นอยู่ในแนวโน้มเดียวกัน แม้ว่าภาระปรับอากาศในวันตรวจวัดก่อนทดสอบค่อนข้างสูง อยู่ในช่วง 7-15 ตัน ขณะที่วันหลังทดสอบภาระต่ำ เนื่องจากสภาพอากาศ และฤดูฝน



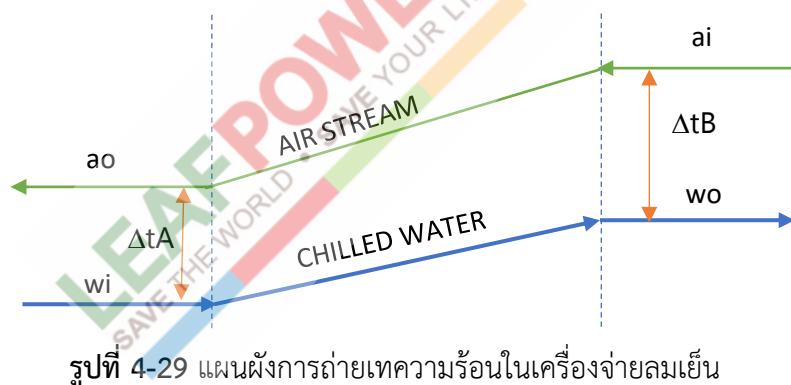
รูปที่ 4-28 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5

เครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 ค่า UA ก่อนและหลังการทดสอบมีแนวโน้มแตกต่างกัน ที่ภาระประมาณ 15 ตัน ค่า UA ของทั้งสองเครื่องเท่ากัน แต่ที่ภาระสูงกว่า 15 ตัน หลังเปิดระบบ UVGI มีค่า UA ที่สูงกว่า ขณะที่เมื่อทำงานภาระต่ำกว่า 15 ตัน หลังเปิดระบบ UVGI มีค่าต่ำกว่า ในการเปรียบเทียบใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งสองกรณีทำงานในช่วงภาระ 15-20 ตันความเย็นเหมือนกัน เครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 มีค่า UA เฉลี่ยสูงขึ้นร้อยละ 8.6 ดังแสดงในตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5

กรณีทดสอบ	ค่า UA เฉลี่ยในช่วงภาระ 15-20 ตัน
AHU5 ก่อนทดสอบ	5.88
AHU5 หลังทดสอบ	6.39
หลังเปิดระบบ UVGI มีค่า UA เพิ่มขึ้น	8.6%

4.3.4 อุณหภูมิอากาศและน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลง

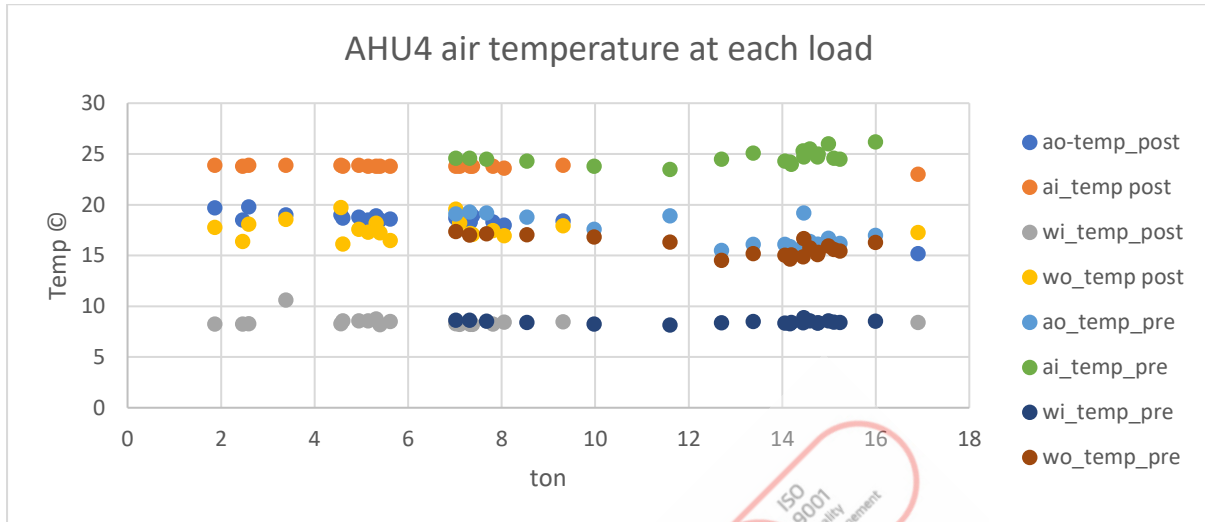


รูปที่ 4-29 แผนผังการถ่ายเทความร้อนในเครื่องจ่ายลมเย็น

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิของน้ำเย็นและอากาศที่เปลี่ยนแปลงที่ภาระปรับอากาศต่าง ๆ ที่เข้าแลกเปลี่ยนความร้อน แสดงได้ดังกราฟในรูปที่ 4-30 และ 4-31 โดยที่

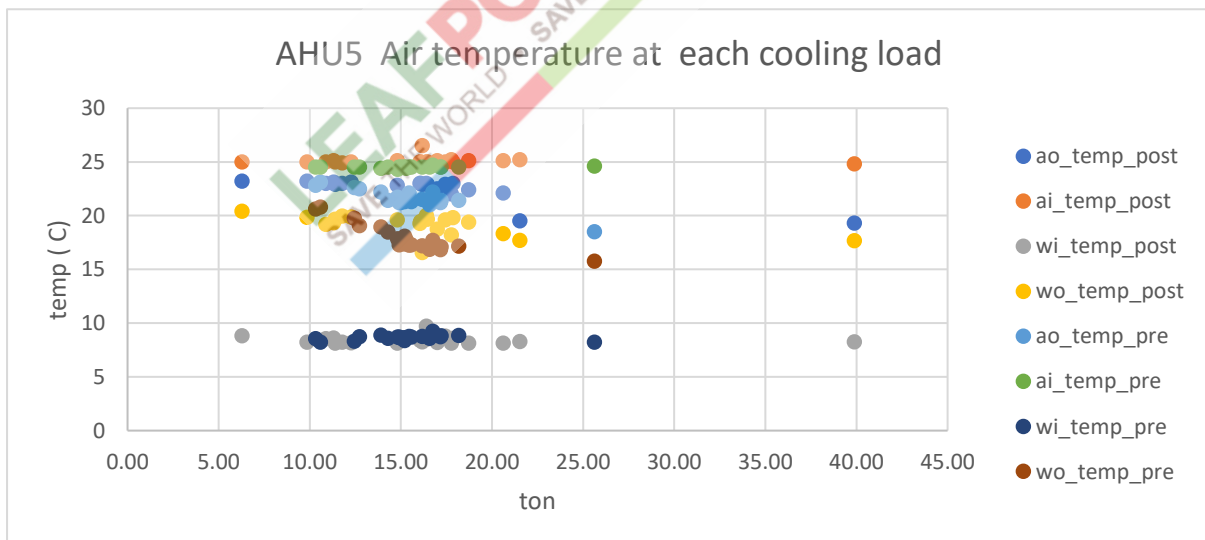
- ao_temp_pre เป็น อุณหภูมิอากาศที่จ่ายจาก AHU ในวันก่อนการทดสอบ
- ai_temp_pre เป็น อุณหภูมิอากาศที่กลับมายัง AHU ในวันก่อนการทดสอบ
- wi_temp_pre เป็น อุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้า AHU ในวันก่อนการทดสอบ
- wo_temp_pre เป็น อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจาก AHU ในวันก่อนการทดสอบ
- ao_temp_post เป็น อุณหภูมิอากาศที่จ่ายจาก AHU ในวันหลังการทดสอบ
- ai_temp_post เป็น อุณหภูมิอากาศที่กลับมายัง AHU ในวันหลังการทดสอบ

- wi_temp_post เป็น อุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้า AHU ในวันหลังการทดสอบ
- wo_temp_post เป็น อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจาก AHU ในวันหลังการทดสอบ



รูปที่ 4-30 อุณหภูมิอากาศและน้ำเย็นของ AHU4 วันก่อนและวันหลังการทดสอบ

ในเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 อากาศที่ออกจาก AHU (ao) และอุณหภูมิน้ำเย็นกลับจากคอยล์ (wo) มีแนวโน้มลดลงเมื่อภาระปรับอากาศมากขึ้น ค่าพารามิเตอร์ทุกตัวก่อนและหลังการทดสอบอยู่ในแนวโน้มเดียวกัน



รูปที่ 4-31 อุณหภูมิอากาศและน้ำเย็นของ AHU5 วันก่อนและวันหลังการทดสอบ

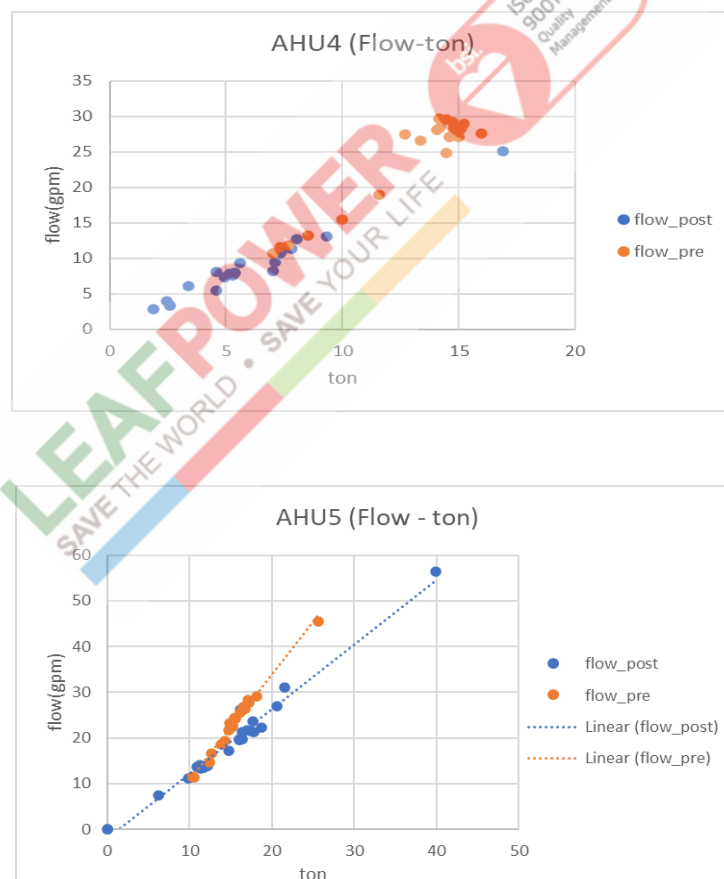
ในเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 หลังการทดสอบ พบว่าอุณหภูมิอากาศที่จ่าย (ao) มีแนวโน้มสูงขึ้น ขณะเดียวกันอุณหภูมิน้ำเย็นกลับ (wo) ก็ขยับสูงขึ้นที่ภาระปรับอากาศเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการ

ทดสอบ และอุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างอากาศเข้า AHU (ai) และน้ำเย็นกลับ(wo) ในการถ่ายเทความร้อนลดลง สอดคล้องกับค่า UA ที่สูงขึ้น

หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ที่ภาระปรับอากาศเดียวกัน อัตราการไหลน้ำเย็นเข้าคอยล์ลดลง แต่อุณหภูมิ น้ำเย็นกลับสูงขึ้น

4.3.5 อัตราการไหลของน้ำเย็น

จากผลของอุณหภูมิข้างต้น เมื่อพิจารณาการใช้ น้ำเย็นที่ต้นความเย็นเดียวกัน ในเครื่องจ่ายลมเย็น 4 เนื่องจากภาระปรับอากาศแตกต่างกัน ในวันก่อนและหลังการทดสอบ ข้อมูลที่ซ้อนทับกันมีน้อย แต่ใน เครื่องจ่ายลมเย็น AHU 5 ก่อนและหลังการทดสอบปริมาณน้ำเย็นที่ใช้ที่ต้นความเย็นเดียวกันลดลง โดยไปเพิ่ม อุณหภูมิ น้ำเย็นที่กลับให้สูงขึ้น

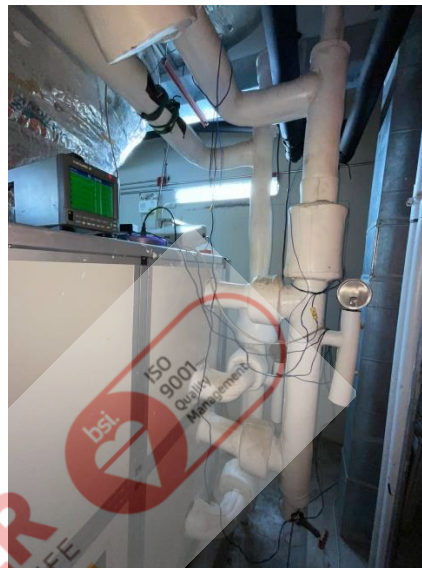


รูปที่ 4-32 อัตราการไหลของน้ำเย็น ที่ภาระต่าง ๆ

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 วิธีการทดสอบ



รูปที่ 5-1 การติดตั้งเครื่องมือวัด

การตรวจวัดนี้มีจุดประสงค์เพื่อวัดผลของการติดตั้งหลอด UVC ในเครื่องจ่ายลมเย็น 2 ชุด คือ AHU4 และ AHU5 ในอาคารสำนักงานสนับสนุนการสร้างสุขภาพ โดยเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 เปิดระบบ UVGI ขณะที่เครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ปิดระบบ UVGI เป็นระยะเวลา 45 วัน วัดเปรียบเทียบพารามิเตอร์ในการทำงานของเครื่องจ่ายลมเย็น 2 ชุด ในวันที่แรกก่อนทดสอบ และวันที่ 45 และวิเคราะห์ผลที่เกิดกับคอยล์น้ำเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสอง

ในการทดสอบนี้เป็นการวัดผลในสภาพการใช้งานจริง การใช้งานระบบปรับอากาศในพื้นที่เป็นไปตามการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ การควบคุม ปรับตั้งความเร็วรอบพัดลมเครื่องจ่ายคองที่ 50 เฮิร์ตซ์ อุณหภูมิอากาศในพื้นที่ตั้งที่ 25°C และอุณหภูมิน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นที่ 8°C สภาวะอากาศแวดล้อมตามสภาพจริง โดยวันที่ตรวจวัดก่อนทดสอบ คือวันที่ 11 สิงหาคม 2565 และวันที่ตรวจวัดหลังทดสอบ คือวันที่ 26 กันยายน 2565

5.2 สรุปผลการทดสอบ

ผลการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสอง มีดังนี้

ภาวะปรับอากาศ

เครื่องจ่ายลมเย็นทั้งสองมีการปรับอากาศทั้งสองวันที่ตรวจวัดตามสภาพการใช้งาน และอากาศแวดล้อม เครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 ในวันแรกภาวะปรับอากาศ ช่วงเวลา 8.30-15.00 น. ประมาณ 15 ตัน และหลังจากนั้นลดลงอยู่ในช่วง 5-10 ตัน ขณะที่วันหลังทดสอบ ภาวะปรับอากาศอยู่ในช่วง 5-10 ตันตลอดทั้งวัน ขณะที่เครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 ภาวะปรับอากาศในช่วงวันก่อนทดสอบและวันหลังทดสอบใกล้เคียงกัน ที่ 10-20 ตัน

ความดันตกคร่อมคอยล์น้ำเย็น

ความดันตกคร่อมคอยล์ของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (ไม่เปิดระบบ UVGI) ทั้งก่อนและหลังการทดสอบมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งวัน ในวันหลังทดสอบมีค่าลดลงร้อยละ 9.4

ขณะที่เครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (เปิดระบบ UVGI) ผลการตรวจวัดในวันหลังทดสอบ ความดันตกคร่อมคอยล์ลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งวัน ความดันลดลงร้อยละ 30.4 เทียบกับวันก่อนการทดสอบ หากเปรียบเทียบความแตกต่างเครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 ที่เปิดระบบ UVGI มีค่าลดต่ำกว่ากรณีเครื่อง AHU 4 ที่ไม่เปิดระบบ UVGI ร้อยละ 20

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

จากสมการการถ่ายเทความร้อน $Q = UA \times LMTD$ เนื่องจากในการใช้งานมีการควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็น และอุณหภูมิอากาศที่กลับเข้าเครื่องให้คงที่ ที่ 8 และ 25 °C ตามลำดับ ค่า LMTD จึงค่อนข้างคงที่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน UA จึงแปรผันตามภาวะปรับอากาศ (Q) ในการเปรียบเทียบจึงพิจารณาเปรียบเทียบค่า UA ที่ภาวะเดียวกัน พบว่าเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (ปิดระบบ UVGI) ก่อนและหลังการทดสอบค่า UA มีแนวโน้มเดียวกัน เครื่องจ่ายลมเย็น AHU5 (เปิด ระบบ UVGI) ค่า UA ก่อนและหลังทดสอบมีความแตกต่างกัน เมื่อหาค่าเฉลี่ยในช่วงภาวะ 15-20 ตัน ค่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน UA มีค่าสูงขึ้น ร้อยละ 8.6 ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่อง AHU 5 ดีขึ้น

อุณหภูมิในการแลกเปลี่ยนความร้อน

ผลต่อการถ่ายเทความร้อนในเครื่องจ่ายลมเย็น จากการตรวจวัดพบว่าอุณหภูมิน้ำเย็น และอากาศเข้าแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องจ่ายลมเย็น AHU4 (ปิดระบบ UVGI) มีแนวโน้มเดียวกันทั้งก่อนและหลังทดสอบ ขณะที่ AHU5 (เปิด ระบบ UVGI) อุณหภูมิน้ำเย็นที่ผ่านการถ่ายเทความร้อนแล้วและวิ่งกลับเครื่องทำน้ำเย็น หลังการทดสอบมีค่าขยับสูงขึ้นเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศที่เข้ามาทำความเย็นมากขึ้น สอดคล้องกับค่า UA ที่สูงขึ้น กล่าวคือ เครื่อง AUU 5 มีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนดีขึ้นหลังเปิดระบบ UVGI



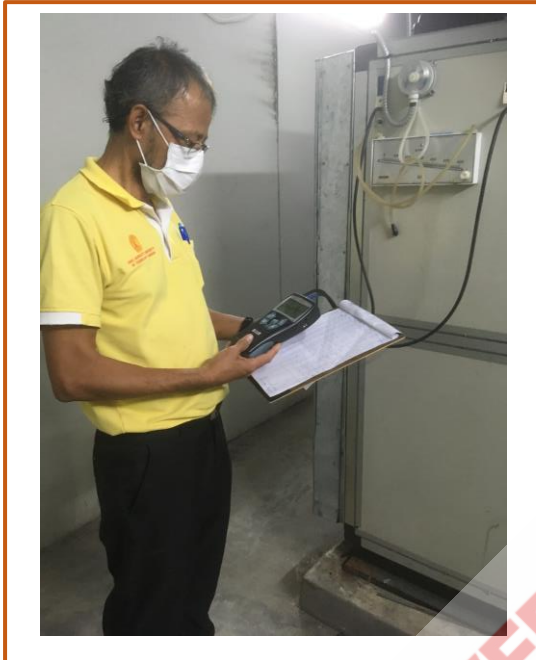
ภาคผนวก ก

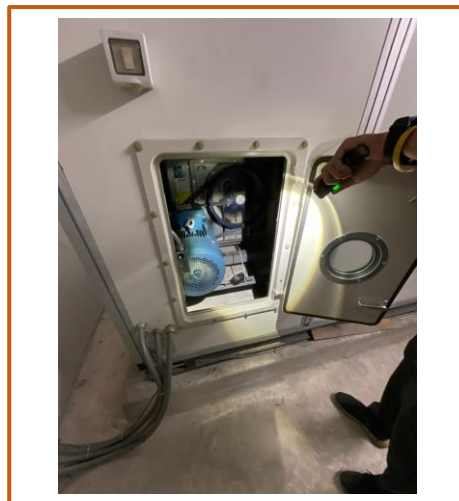
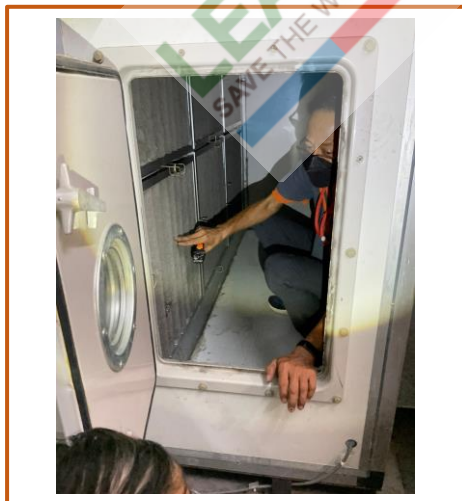
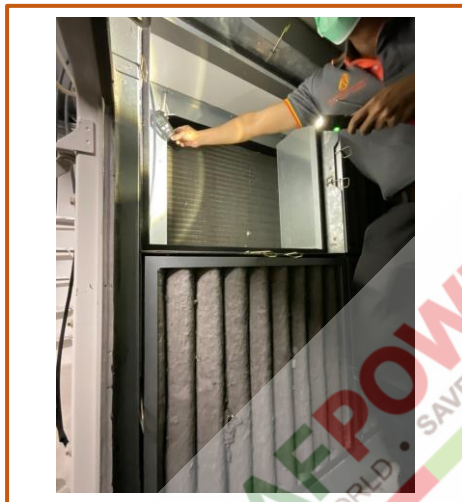
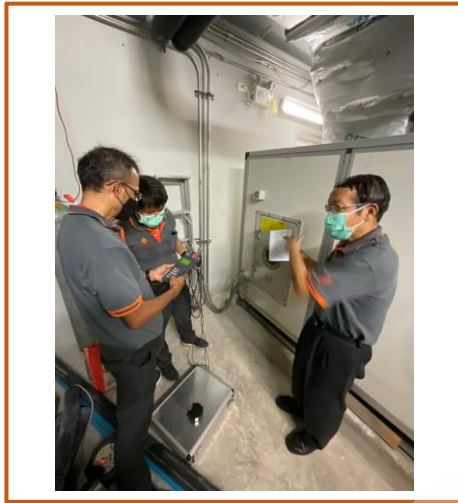
ภาพการเข้าตรวจวัดอาคาร

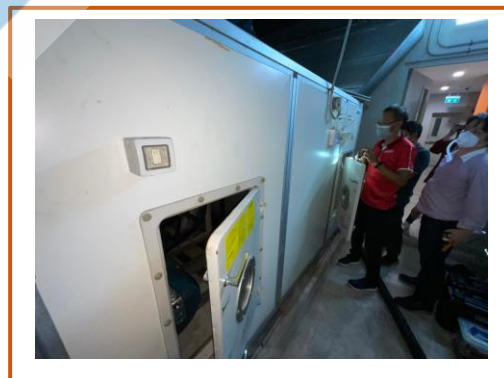


ภาคผนวก ก

ภาพการเข้าตรวจวัด







ภาคผนวก ข

ตารางรายการเครื่องมือตรวจวัด



ภาคผนวก ข
รายการเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้

ลำดับ	ภาพ	ชื่อเครื่องวัด	รุ่น	จำนวน (ชุด)
1		เครื่องบันทึกการใช้ไฟฟ้า	Chauvin arnoux CA8332	3
2		เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก	Essiflo6000	1
3		เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก	Micronics PF3300	1
4		เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger)	Yokogawa DX100	2
5		เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K	-	5
6		เครื่องวัดความหนาแตกต่าง	KIMO MP200	1
7		เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิความชื้นอากาศ	CEM DT-172	7
8		เครื่องวัดความเร็วลม	Anemometer HTI HT802	2