

การหาประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ในระบบปรับอากาศจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าตัวเก็บประจุเกิดการเสื่อมสภาพ

PERFORMANCE ANALYSIS OF AIR CONDITIONING COMPRESSOR USING THERMAL IMAGING WHEN CAPACITOR DEGRADES

สงกรานต์ ภารกุล^{1*} และ ทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล²

Songkran Parakul^{1*} and Thaweesak Trongtirakul²

Received: May 29, 2024

Revised: June 13, 2024

Accepted: June 14, 2024

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

² สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

* Corresponding author E-mail: songkranp@siamtechno.ac.th

บทคัดย่อ

คอมเพรสเซอร์มีบทบาทสำคัญในระบบปรับอากาศ ทำหน้าที่หลักในการอัดสารทำความเย็นให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ โดยปกติแล้ว ในเครื่องปรับอากาศแบบความเร็วยกที่ชนิดแยกส่วนจะใช้คอมเพรสเซอร์ชนิดมอเตอร์คาปาซิเตอร์รันถ่วงค่าของคาปาซิเตอร์มีความเสื่อมค่าลงจากค่าเดิมจะทำให้คอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพและเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การทำงานของคอมเพรสเซอร์โดยวิธีใช้ภาพถ่ายความร้อน ในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศ จากผลการทดลองพบว่า ค่าความยอมรับได้ของประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์คาปาซิเตอร์ต้องลดลงไม่เกิน 30 uf จากปกติการวิเคราะห์ประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศโดยใช้ภาพถ่ายความร้อนนั้น สามารถนำไปประยุกต์สำหรับการตรวจบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศและเป็นการป้องกันการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ในเครื่องปรับอากาศและเป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: คอมเพรสเซอร์ ภาพถ่ายความร้อน ประสิทธิภาพ

ABSTRACT

The compressor plays a crucial role in air conditioning systems. Its primary function is to compress the refrigerant, increasing its pressure and temperature, which directly affects the electricity consumption of the air conditioner. Typically, split-type air conditioners with constant speed use capacitor-run motors. If the capacitor's value degrades from its original state, the compressor in the air conditioner will not operate efficiently, leading to energy wastage. This research aims to analyze the performance of the compressor using thermal imaging. In the final stage, the compressor efficiency of the air conditioning system is evaluated. The experimental results indicate that the acceptable efficiency of the compressor requires the capacitor value to decrease by no more than 30 microfarads from the default value. Analyzing compressor efficiency using thermal imaging can be applied for air conditioner maintenance, ensuring optimal performance and preventing equipment deterioration.

Keywords: Compressor, Thermal Imaging, Efficiency

1. บทนำ

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ได้รับความนิยมมากที่สุดอย่างหนึ่งในบ้านทั้งในเมืองและชนบท คือ เครื่องปรับอากาศ [1] เครื่องปรับอากาศในบ้านทำงานอย่างหนักมากโดยเฉพาะในฤดูร้อน ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยเครื่องปรับอากาศจึงเป็นส่วนสำคัญของการใช้พลังงานในครัวเรือน [1] เพื่อให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพด้านพลังงาน วงจรการทำความเย็นและคอมเพรสเซอร์จึงเป็นหัวข้อที่ถูกวิจัยเพื่อใช้สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านพลังงาน [2] ระบบปรับอากาศมีบทบาทสำคัญในการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และคุณภาพอากาศภายในอาคาร การทำงานที่มีประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศช่วยให้ประหยัดพลังงาน [3] คอมเพรสเซอร์เป็นหัวใจหลักของระบบปรับอากาศ ทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศโดยรวม [2] เครื่องปรับอากาศจึงได้เข้ามามีบทบาทสำคัญทั้งในอุตสาหกรรม ที่พักอาศัย และอาคารต่างๆ โดยมีรูปแบบที่หลากหลายขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน เช่น เครื่องปรับอากาศชนิดหน้าต่าง เครื่องปรับอากาศชนิดติดผนัง และเครื่องปรับอากาศชนิดตั้งพื้น นอกจากนี้ยังมีเครื่องปรับอากาศชนิดพกพาที่สามารถเคลื่อนย้ายไปมาได้ [1]

อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในการใช้งานเครื่องปรับอากาศมักเกิดจากการติดตั้งที่ไม่เหมาะสม เช่น การติดตั้งชุดระบายความร้อนในตำแหน่งที่โดนแสงแดดตลอดเวลา หรือการติดตั้งในตำแหน่งที่การถ่ายเทของอากาศไม่สะดวก ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงและอาจทำให้เครื่องปรับอากาศเสียหายเร็วกว่าที่ควร [4] นอกจากนี้ ยังมีปัญหาที่เกิดขึ้นภายในระบบปรับอากาศเอง เช่น การเสื่อมสภาพของตัวเก็บประจุในคอมเพรสเซอร์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศอย่างมาก [5]

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ด้วยภาพถ่ายความร้อนสามารถช่วยตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างแม่นยำ [6] เมื่อค่าตัวเก็บประจุเกิดการเสื่อมสภาพ คอมเพรสเซอร์จะทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความร้อนสูงที่ผิดปกติ การใช้ภาพถ่ายความร้อนสามารถตรวจจับความผิดปกตินี้ได้ ทำให้สามารถดำเนินการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนตัวเก็บประจุได้ทันที ก่อนที่ปัญหาจะลุกลามและทำให้ระบบปรับอากาศทั้งหมดเสียหาย การตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างถูกต้อง โดยเฉพาะการใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายความร้อนในการตรวจสอบคอมเพรสเซอร์ เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ระบบปรับอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ประหยัดพลังงาน และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน [7]

การวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อนในระบบปรับอากาศเริ่มได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยมีหลายงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงประโยชน์และประสิทธิภาพของเทคโนโลยีนี้ [8-19] ตัวอย่างเช่น ระบบการรักษาสภาพ [8] การตรวจจับสน้ำมัน [9-10] การใช้งานทางการแพทย์ [11-16] การช่วยให้นักวิจัยมองเห็นรายละเอียดที่สำคัญ [17] การบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [18] และการบำรุงรักษาเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศ [19] เป็นต้น ภาพถ่ายความร้อนยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบปรับอากาศ ทำให้สามารถตรวจจับความผิดปกติได้ เช่น การรั่วของสารทำความเย็น การทำงานผิดปกติของคอมเพรสเซอร์ และการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนภายใน นอกจากนี้แล้ว การใช้ภาพถ่ายความร้อนช่วยในการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance) ซึ่งสามารถตรวจจับปัญหาก่อนที่จะกลายเป็นปัญหาใหญ่ ทำให้ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม งานวิจัยหลายฉบับพบว่า การตรวจสอบและบำรุงรักษาด้วยภาพถ่ายความร้อนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของระบบที่รวมการทำความร้อน การระบายอากาศ และการปรับอากาศเข้าด้วยกัน เพื่อควบคุมสภาพอากาศภายในอาคาร (Heating, Ventilation, and Air Conditioning: HVAC) โดยการตรวจจับและแก้ไขปัญหาได้ทันทั่วทั้งที่ ทำให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและประหยัดพลังงาน

ในปี ค.ศ. 2008 Fernando และคณะ [20] วิเคราะห์ความร้อนของคอมเพรสเซอร์แบบสโครลด้วยภาพถ่ายความร้อน (Infrared Thermography: IRT) เพื่อทำความเข้าใจการทำงานภายในและระบุจุดที่มีความเสี่ยงต่อความเสียหาย ต่อมาในปี ค.ศ. 2021 Deng และคณะ [21] ได้นำเสนอวิธีการใช้การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ในระบบปรับอากาศด้วยภาพถ่ายความร้อน ในการวินิจฉัยความผิดปกติของคอมเพรสเซอร์ โดยเน้นที่การระบุรูปแบบการกระจายตัวของอุณหภูมิที่สัมพันธ์กับความผิดปกติต่างๆ ในปี ค.ศ. 2023 Ferzan และคณะ [22] ศึกษาการประยุกต์ใช้ IRT ในการวินิจฉัยความผิดปกติของคอมเพรสเซอร์ชนิดต่างๆ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวิธีการวินิจฉัยแบบดั้งเดิม โดยใช้ two-dimensional

discrete wavelet transform (2D-DWT) แปลงภาพ และคำนวณคุณสมบัติทางสถิติจากภาพ ระบบที่นำเสนอมีข้อดีกว่าวิธีการตรวจจับแบบดั้งเดิม เนื่องจากใช้งานง่าย วัดค่าจากระยะไกลได้ และสามารถปรับตัวได้เอง

ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการวิเคราะห์ภาพสำหรับคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศโดยใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนมาวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเสื่อมค่าของชุดอุปกรณ์คาปาซิเตอร์ในคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ เพื่อหาค่าความร้อนของอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการทำการบำรุงรักษา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อตรวจสอบค่าประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์เมื่อตัวคาปาซิเตอร์เกิดการเสื่อมค่าในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9,000 BTU ด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน
- 2) เพื่อหาจุดเหมาะสมในการบำรุงรักษาโดยการวิเคราะห์จากภาพถ่ายความร้อน

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 จำลองการเสื่อมค่าของคาปาซิเตอร์ในคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศโดยมีเงื่อนไขดังนี้

- 1) สร้างชุดสาธิตเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 9,000 BTU
- 2) วัดขนาดคาปาซิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับขดสตาร์ทของคอมเพรสเซอร์
- 3) หาขนาดคาปาซิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับขดสตาร์ทของคอมเพรสเซอร์โดยใช้คาปาซิเตอร์ขนาด $21\ \mu\text{F}$ $24\ \mu\text{F}$ $27\ \mu\text{F}$ และ $30\ \mu\text{F}$ ตามลำดับ
- 4) เปิดเครื่องปรับอากาศให้ระบบปรับอากาศทำงาน โดยใช้คาปาซิเตอร์ขนาดต่าง ๆ ทำงาน 5 นาที ถ่ายภาพถ่ายความร้อน โดยให้เห็นคอมเพรสเซอร์ทั้งภาพ
- 5) ทดสอบที่แรงดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าเท่ากับ 75 psi ด้านแรงดันต่ำ

3.2 คำนวณหาประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์

วิธีคำนวณหาประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์โดยใช้อุณหภูมิจากภาพถ่ายความร้อนเพื่อวิเคราะห์ผลการทำงานเมื่อค่าคาปาซิเตอร์ของคอมเพรสเซอร์เปลี่ยนแปลงไป

การใช้ภาพถ่ายความร้อน (Thermal Imaging) เพื่อวัดประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์เป็นวิธีที่ไม่ทำลาย (Non-destructive method) และสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการทำงานและความร้อนที่เกิดขึ้นในมอเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์โดยใช้ภาพถ่ายความร้อน

- 1) การคำนวณพลังงานที่สูญเสียของคอมเพรสเซอร์โดยใช้ภาพถ่ายความร้อน ตามสมการที่ (1)

$$P_{\text{out}} = \sum (kQ \cdot \Delta T) \quad (1)$$

โดยที่	P_{Loss}	=	พลังงานที่สูญเสียของคอมเพรสเซอร์มีหน่วยเป็นวัตต์
	Q	=	ปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมา มีหน่วยเป็นวัตต์
	ΔT	=	ความแตกต่างของอุณหภูมิมีหน่วยเป็นเคลวิน
	k	=	ค่าการนำความร้อนของวัสดุที่เป็นพื้นผิวของคอมเพรสเซอร์

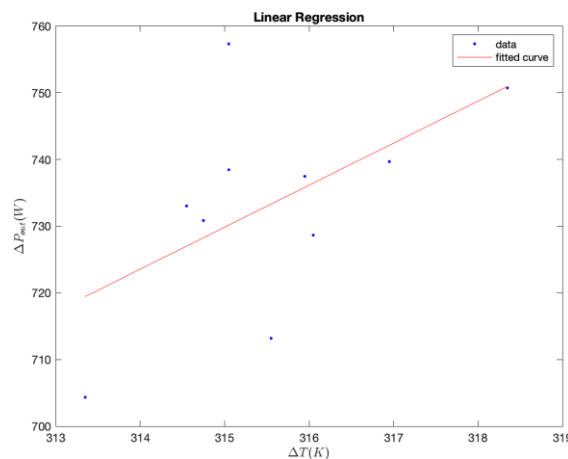
จากสมการที่ 1 กำหนดให้ ρ เป็นค่าคงที่ และมีค่า $\rho = kQ$ เมื่อคำนวณหาค่า ρ จะได้ว่า

$$\rho = \frac{P_{\text{out}}}{T_s - T_a} \quad (2)$$

โดยที่	ρ	=	ค่าคงที่มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อเคลวิน
	P_{out}	=	กำลังงานที่คอมเพรสเซอร์ใช้เพื่ออัดสารทำความเย็นเข้าสู่ระบบมีหน่วยเป็นวัตต์
	T_s	=	อุณหภูมิผิวของคอมเพรสเซอร์มีหน่วยเป็นเคลวิน
	T_a	=	อุณหภูมิแวดล้อมมีหน่วยเป็นเคลวิน

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้ที่คอมเพรสเซอร์ที่มีค่า $\cos \varphi = 0.96$

	จำนวนครั้ง									
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9
แรงดัน (V)	230	230	230	231	230	230	230	230	230	230
กระแส (A)	3.30	3.32	3.31	3.33	3.43	3.23	3.34	3.30	3.35	3.40
T_a (C)	33.7	33.7	33.7	33.7	33.8	33.8	33.7	33.7	33.7	33.7
T_s (C)	73.9	75.1	75.3	75.6	75.7	76.2	76.5	76.6	77.5	78.9

รูปที่ 1 การหาค่าคงที่ ρ โดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้น

นำค่าจากรูปที่ 1 สมการถดถอยเชิงเส้นสามารถเขียนได้ ดังนี้

$$\Delta P_{out} = 2.3241\Delta T \quad (3)$$

จากรูปแบบของสมการทั่วไปของเส้นตรง $\Delta y = m\Delta x + c$; $c = 0$ นั้น $m = 2.3241$ หรือสามารถสรุปได้ว่า ค่าคงที่ $m = \frac{\Delta P_{out}}{\Delta T} = \rho = 2.3241$ วัตต์ต่อเคลวิน ด้วยเช่นกัน

3.3 คำนวณประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง

การคำนวณประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์เป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพของการแปลงพลังงานในคอมเพรสเซอร์จากพลังงานที่นำเข้าเป็นงานที่ทำได้โดยเปรียบเทียบระหว่างงานที่ทำได้กับพลังงานที่นำเข้า ซึ่งประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ถูกบอกโดยเปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

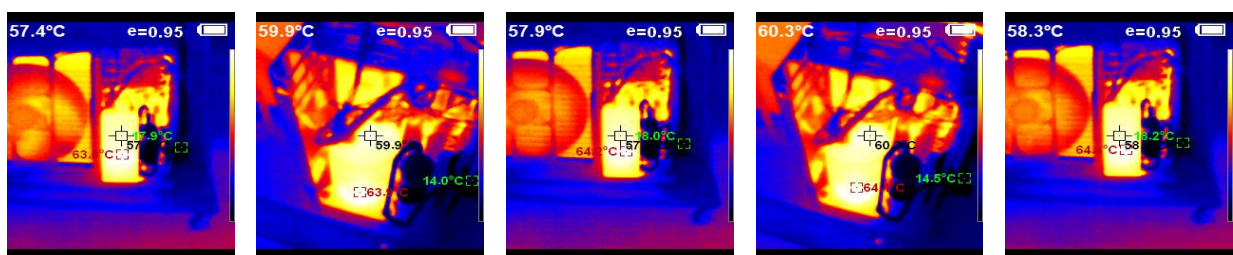
$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

จากสมการที่ 4 สามารถประยุกต์ใช้คำนวณประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงไป

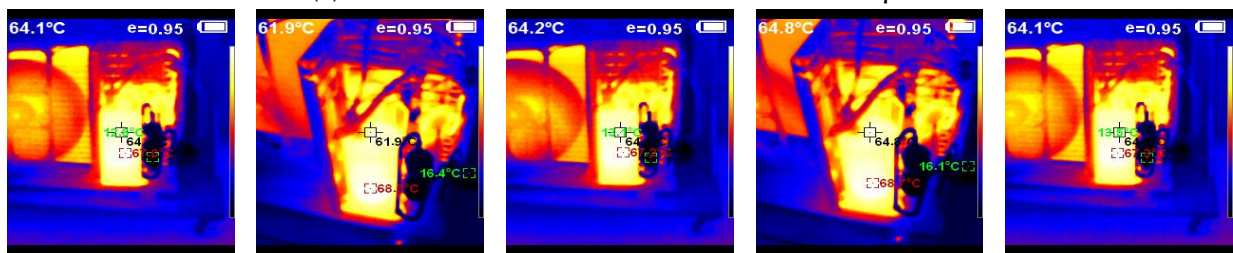
4. ผลการทดลอง

การทดลองนี้ถูกออกแบบเพื่อทดสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าความเก็บประจุไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ต่อประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าคาปาซิเตอร์จะส่งผลต่อกระแสไฟฟ้าและแรงดันที่ถูกส่งไปยังคอมเพรสเซอร์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์โตชิบา (Toshiba) รุ่น PH150X1C-4DZDN3 โดยมีการเชื่อมต่อของคาปาซิเตอร์และการเปลี่ยนแปลงค่าความเก็บประจุไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ โดยทดลองใช้คาปาซิเตอร์ขนาดต่าง ๆ ดังนี้ $21\ \mu F$ $24\ \mu F$ $27\ \mu F$ และ $30\ \mu F$ ตามลำดับ โดยมีแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์เท่ากับ 230 โวลต์ และค่าตัวประกอบกำลังงานไฟฟ้า (Power Factor, $\cos \varphi$) เท่ากับ 0.96

คอมเพรสเซอร์ที่ใช้คาปาซิเตอร์ขนาด $21\ \mu F$ $24\ \mu F$ $27\ \mu F$ และ $30\ \mu F$ ตามลำดับ ทำงาน 5 นาทีถ่ายภาพถ่ายความร้อน โดยให้เห็นคอมเพรสเซอร์ทั้งภาพ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2



(ก) ภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าคาปาซิเตอร์คอมเพรสเซอร์มีค่า $21\ \mu F$



(ข) ภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าคาปาซิเตอร์คอมเพรสเซอร์มีค่า $24\ \mu F$



(ค) ภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าคาปาซิเตอร์คอมเพรสเซอร์มีค่า $27\ \mu F$



(ง) ภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าคาปาซิเตอร์ของคอมเพรสเซอร์มีค่า $30\ \mu F$

รูปที่ 2 ตัวอย่างภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าคาปาซิเตอร์ของคอมเพรสเซอร์ขนาดต่าง ๆ

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์จากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าคาปาซิเตอร์ มีค่า 21 μF

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ (ร้อยละ)
	อุณหภูมิแวดล้อม	อุณหภูมิคอมเพรสเซอร์	
1	33.70	57.40	87.4231
2	33.70	57.90	87.5704
3	33.70	58.30	87.6882
4	33.70	59.90	88.1596
5	33.70	60.30	88.2774
6	33.70	61.40	88.6015
7	33.70	61.60	88.6604
8	33.70	61.90	88.7488
9	33.70	61.90	88.7488
10	33.70	62.00	88.7783
ค่าเฉลี่ย	33.70	60.26	88.2657

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์จากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าคาปาซิเตอร์ มีค่า 24 μF

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ (ร้อยละ)
	อุณหภูมิแวดล้อม	อุณหภูมิคอมเพรสเซอร์	
1	33.70	61.90	88.7488
2	33.70	61.90	88.7488
3	33.70	64.10	89.3969
4	33.70	64.10	89.3969
5	33.70	64.10	89.3969
6	33.70	64.20	89.4264
7	33.70	64.80	89.6031
8	33.70	65.60	89.8388
9	33.70	65.90	89.9272
10	33.70	66.10	89.9861
ค่าเฉลี่ย	33.70	64.27	89.4470

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์จากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อนเมื่อค่าคาปาซิเตอร์ มีค่า $27 \mu F$

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ (ร้อยละ)
	อุณหภูมิแวดล้อม	อุณหภูมิคอมเพรสเซอร์	
1	33.70	67.20	91.3102
2	33.70	67.20	90.3102
3	33.70	67.60	90.4280
4	33.70	67.60	90.4280
5	33.70	68.30	90.6343
6	33.70	68.30	90.6343
7	33.70	68.30	90.6343
8	33.70	68.50	90.6932
9	33.70	68.50	90.6932
10	33.70	68.70	90.7521
ค่าเฉลี่ย	33.70	68.02	90.5518

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์จากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อน เมื่อค่าคาปาซิเตอร์ มีค่า $30 \mu F$

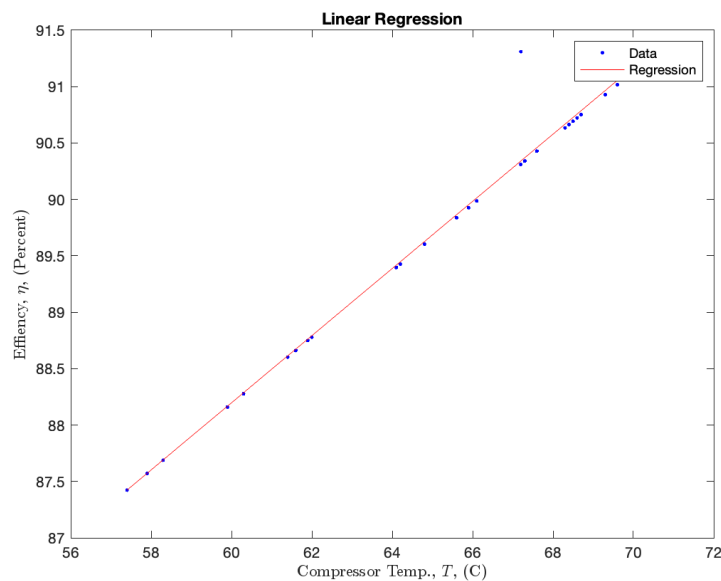
ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ (ร้อยละ)
	อุณหภูมิแวดล้อม	อุณหภูมิคอมเพรสเซอร์	
1	33.70	67.30	90.3396
2	33.70	68.40	90.6637
3	33.70	68.60	90.7226
4	33.70	69.30	90.9289
5	33.70	69.60	91.0172
6	33.70	69.80	91.0762
7	33.70	70.00	91.1351
8	33.70	70.10	91.1645
9	33.70	70.20	91.1940
10	33.70	70.50	91.2824
ค่าเฉลี่ย	33.70	69.38	90.9524

จากตารางที่ 2-5 พบว่า ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ลดลงเมื่ออุณหภูมิขณะทำงานของคอมเพรสเซอร์สูงขึ้น การลดลงในประสิทธิภาพนี้อาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของวัสดุภายในคอมเพรสเซอร์ที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในทางบวกโดยทำให้ประสิทธิภาพลดลงได้ และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\eta = 4.146T \quad (5)$$

ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากค่าความเก็บประจุที่แตกต่างกัน จะได้ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง โดยความสัมพันธ์นี้อาจเป็นเส้นตรงตรงในเชิงลบ ซึ่งหมายความว่า เมื่อค่าความเก็บประจุที่มากขึ้น ประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างสัมพันธ์กันแบบตรงๆ โดยไม่มีการเกิดการเบี่ยงเบน การสร้างกราฟที่เส้นตรงนี้จะช่วยให้เราเข้าใจความสัมพันธ์นี้ได้ชัดเจนขึ้น และสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาจากสมการที่ 5 พบว่า เมื่อ $T = T_a$ จะเกิดข้อผิดพลาดจากการคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ดังนั้น จากสมการที่ 5 จะสามารถใช้ได้เฉพาะกรณีที่คอมเพรสเซอร์มีการทำงานเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากค่าคาปาซิเตอร์มีค่าที่แตกต่างกัน

5. สรุปผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ในระบบปรับอากาศ โดยใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายความร้อน (Thermal Imaging) เพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์การทำงานของคอมเพรสเซอร์ในเงื่อนไขที่ค่าคาปาซิเตอร์ เกิดการเสื่อมสภาพ การทดลองได้ดำเนินการในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9000 BTU โดยมีขั้นตอนการทดสอบที่ชัดเจนและเป็นระบบ ดังนี้ 1) การสร้างชุดสาธิตเครื่องปรับอากาศและวัดขนาดคาปาซิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับขดสตาร์ทของคอมเพรสเซอร์ 2) ทดสอบด้วยคาปาซิเตอร์ขนาดต่าง ๆ ได้แก่ $21\mu F$ $24\mu F$ $27\mu F$ และ $30\mu F$ 3) ภาพถ่ายความร้อนถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การกระจายความร้อนและประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ และ 4) วัดค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสว่างในภาพเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ในการระบายความร้อน ผลการวิเคราะห์และประสิทธิภาพ พบว่าการวิเคราะห์การระบายความร้อนโดยใช้ภาพถ่ายความร้อนมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการระบายความร้อน ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ภายใต้การใช้งานคาปาซิเตอร์ขนาดต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงตามค่าอุณหภูมิที่วัดได้ โดยประสิทธิภาพเฉลี่ยของคอมเพรสเซอร์สูงสุดอยู่ที่ 90.9524% เมื่อใช้คาปาซิเตอร์ขนาด $30\mu F$ และประสิทธิภาพเฉลี่ยของคอมเพรสเซอร์ต่ำสุดอยู่ที่ 88.2657% เมื่อใช้คาปาซิเตอร์ขนาด $21\mu F$ การวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนสามารถนำมาใช้ประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศได้กรณีค่าความเก็บประจุมีการเสื่อมสภาพตามการใช้งานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Fang, J., Li, X., and Wang, K. (2022) Optimization of Air Conditioning Energy Consumption Based on Indoor Comfort Degree, *34th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, Hefei, China, 3791-3796.
- [2] Kim, J. H., Kim, D. M., Jung, Y. H. and Lim, M. S. (2021) Design of Ultra-High-Speed Motor for FCEV Air Compressor Considering Mechanical Properties of Rotor Materials, in *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 36, no. 4, 2850-2860.
- [3] Xue, W., Wang, H. and Li, K. (2022) PMV inverse model-based indoor thermal environment control for thermal comfort and energy saving, *41st Chinese Control Conference (CCC)*, Hefei, China. 5294-5299.
- [4] Wu, D., Wei, W., Bai, J., and Mei, S., Energy and Exergy Efficiency Analysis of Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage Based Trigenation Energy Hub. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, vol. 9, no. 6, 2409-2422.
- [5] Yoo, H., S. Sul, K., Jang, H., and Hong, Y. (2007). Design of a Variable Speed Compressor Drive System for Air-Conditioner without Electrolytic Capacitor. *IEEE Industry Applications Annual Meeting*, New Orleans, LA, USA, 305-310.
- [6] Li, H. (2021). Thermal Fault Detection and Diagnosis of Electrical Equipment Based on the Infrared Image Segmentation Algorithm. *Advances in Multimedia*, vol. 2021, Article ID 9295771.
- [7] Trivedi, S., Bhola, S., Talegaonkar, A., Gaur, P. and Sharma, S. (2019) Predictive Maintenance of Air Conditioning Systems Using Supervised Machine Learning. *20th International Conference on Intelligent System Application to Power Systems (ISAP)*, New Delhi, India, pp. 1-6.
- [8] Trongtirakul, T. and Agaian, S., New Retinex model-based infrared image enhancement, *Proc. SPIE 12526, Multimodal Image Exploitation and Learning 2023*, 1252606, 15 June 2023, doi: 10.1117/12.2661334.
- [9] T. Trongtirakul, S. Agaian, A. Oulefki, and K. Panetta, "Method for remote sensing oil spill applications over thermal and polarimetric imagery," in *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, vol. 48, no. 3, pp. 1-15, 8 May 2023.
- [10] Oulefki, A., Trongtirakul, T., S. Agaian, and Chiracharit, W. (2020). Detection and Visualization of Oil Spill Using Thermal Images," *Proc. SPIE 11399, Mobile Multimedia/Image Processing, Security, and Applications 2020*, 113990L.
- [11] Trongtirakul, T., Agaian, S. and Oulefki A. (2023). Accurate Tumor Segmentation in Thermograms Breast Images. *Mathematical Biosciences and Engineering*, vol. 20, no. 9, 16786-16806.
- [12] Oulefki, A., Agaian, S., Trongtirakul, T., Benbelkacem, S., Aouam, D., Henda, N. Z., and Abdelli M. L. Virtual Reality Visualization for Computerized COVID-19 Lesion Segmentation and Interpretation. *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 73, 103371, 2022.
- [13] Benbelkacem, S., Oulefki, A., Agaian, S., Zenati-Henda, N., Trongtirakul, T., Aouam, D., Masmoudi, M., and Zemouri, M. (2022). COVID Automatic COVID-19 CT Image-Based Classification and Visualization Platform Utilizing Virtual and Augmented Reality Technologies. *Diagnostics*, vol. 12, no. 3, 649.
- [14] Oulefki, A., Agaian, S., Trongtirakul, T., and Laouar, A. K. (2021) Automatic COVID-19 Lung Infected Region Segmentation and Measurement Using CT-Scans Images, *Pattern Recognition*, vol. 114, 1-13.

- [15] Benbelkacem, S., Oulefki, A., Agaian, S., Trongtirakul, T., Aouam, D., Henda, N. Z., and Amara, K. (2021) Lung Infection Region Quantification, Recognition, and Virtual Reality Rendering of CT-Scan of COVID-19, *Proc. SPIE 11734, Multimodal Image Exploitation and Learning 2021*, 117340I.
- [16] T. Trongtirakul, A. Oulefki, S. Agaian, and W. Chiracharit, "Enhancement and Segmentation of Breast Thermograms," *Proc. SPIE 11399, Mobile Multimedia/Image Processing, Security, and Applications 2020*, 113990F, 21 April 2020.
- [17] Trongtirakul, T., Chiracharit, W., and Agaian, S. (2020). Color Restoration of Multispectral Images Near-Infrared (NIR) filter-to-Color (RGB) image. *Proc. IS&T International Symposium on Electronic Imaging 2020, Image Processing: Algorithms and Systems XVIII*, vol. 2020, 180-1-180-5.
- [18] Trongtirakul, T., and Agaian, S. (2022). Unsupervised and Optimized Thermal Image Quality Enhancement and Visual Surveillance Applications. *Signal Processing: Image Communication*. vol. 105, pp. 116714.
- [19] S. Parakul, K. Jaitong, P. Songsri, and T. Trongtirakul. Determination of Motor Efficiency in Air Condensing Unit Using Thermal Image Analytics in case the Degradation of Capacitance. *Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School Siam Technology College*, vol. 9, no. 2, 50-61.
- [20] Ribas, F., Deschamps, C., Fagotti, F. Morriesen, A. and Dutra, T. (2008). Thermal Analysis of Reciprocating Compressors - A Critical Review. in *Proceedings of the International Compressor Engineering Conference*, West Lafayette, IN, USA, 17–20 July 2008.
- [21] Deng, Rongfeng; Lin, Yubin; Tang, Weijie et al., "Fault Diagnosis of Reciprocating Compressors Based on Thermal Imaging and Support Vector Machines." *Proceedings of IncoME-V & CEPE Net-2020: Condition Monitoring, Plant Maintenance and Reliability*, Springer Nature Switzerland AG., vol.105, p. 206-216, 2021.
- [22] Katircioglu, F. and Cingiz, Z. (2024). Fault diagnosis for overcharge and undercharge conditions in refrigeration systems using infrared thermal images. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*. vol.238, no.2, 837-850.