

บทความวิจัย (Research Article)

การออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด

เฉลิมชาติ เมฆเมืองทอง^{1*} สมชาย แสงนวล¹ และ ชลธิศ ปิติภูมิสุขสันต์¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: Chalermchat.me@gmail.com โทรศัพท์: 0875647371
(รับบทความ: 25 กันยายน 2567; แก้ไขบทความ: 13 ตุลาคม 2567; ตอรับบทความ: 17 ตุลาคม 2567)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด สร้างความสะดวกสบายแก่ผู้โดยสาร การทดลองดำเนินการในสภาวะอากาศ ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และ ฤดูหนาว โดยใช้การเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และการใช้พลังงานของระบบ การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือพบว่า ในฤดูร้อนระบบสามารถทำให้อุณหภูมิลดลงจากพัดลมต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 5 องศาเซลเซียส ในขณะที่ฤดูฝนและฤดูหนาวสามารถลดอุณหภูมิได้ 3 ถึง 4 องศาเซลเซียส ผู้โดยสารที่นั่งห่างจากพัดลมประมาณ 0.5 เมตร จะรู้สึกสบายในฤดูร้อนและฤดูฝน แต่ในฤดูหนาวรู้สึกเย็นเล็กน้อย ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศนี้มีค่าระหว่าง 0.0196 ถึง 0.0303 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับการศึกษาระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกแบบสองชั้น ที่มีการปรับปรุงเรขาคณิตและควบคุมกระแสเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของระบบอยู่ในช่วงประมาณ 0.02 ถึง 0.04 งานวิจัยนี้ศึกษาเพิ่มประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้การทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกพบว่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานอยู่ที่ประมาณ 0.025 ถึง 0.035 ซึ่งค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีค่าต่ำกว่าระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์และแบบดูดซึม ที่ใช้สารทำความเย็น R134a มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานอยู่ที่ 3.0 ถึง 3.5 อย่างไรก็ตามเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกนี้มีข้อดี คือ ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ไม่มีเสียงดัง มีขนาดเล็ก สามารถแยกการทำงานแต่ละเครื่องได้อย่างอิสระ ซึ่งทำให้เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่จำกัด การใช้งานอุปกรณ์ที่ต้องการความเงียบสงบ การบำรุงรักษาดำ

คำสำคัญ: การปรับอากาศ เทอร์โมอิเล็กทริก อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ระบบทำความเย็น ยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด

การอ้างอิงบทความ: เฉลิมชาติ เมฆเมืองทอง, สมชาย แสงนวล และ ชลธิศ ปิติภูมิสุขสันต์, "การออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 5, หน้า 23-33, 2567.

Design and Study on Efficiency of Air Conditioning Unit using Thermoelectric for Use in Open Air Electric Vehicles

Chalermchat Mekmuangthong^{1*}, Somchai Saengnual¹ and Chonlathit Pitipoomsuksan¹

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Rai College

* Corresponding Author: Chalermchat.me@gmail.com, Tel: 0875647371

(Received: September 25, 2024; Revised: October 13, 2024; Accepted: October 17, 2024)

Abstract

This research focuses on the design and performance evaluation of an air conditioning system using Peltier modules in open air electric vehicles to enhance passenger comfort. The experiments were conducted under three seasonal conditions summer, rainy season, and winter. The data collected includes temperature, wind speed, relative humidity, and the system's energy consumption. The comfort analysis revealed that in summer, the system can reduce the air temperature from the fan by 5°C below the ambient air temperature, while in the rainy season and winter, the temperature reductions were 3°C to 4°C. Passengers seated approximately 0.5 meters from the fan felt comfortable in both summer and rainy conditions, though they reported feeling slightly cold during winter. The Coefficient of Performance (COP) of this air conditioning system ranged from 0.0196 to 0.0303, which is comparable to studies on two-stage thermoelectric cooling systems with optimized geometry and current control, yielding COP values between 0.02 and 0.04. Research aimed at enhancing the performance of solar panels using thermoelectric cooling reported a COP of approximately 0.025 to 0.035. Thermoelectric systems typically exhibit lower COP values compared to traditional compressor and absorption cooling systems, with refrigerants like R134a achieving COPs between 3.0 and 3.5. However, this thermoelectric air conditioning system offers several advantages.

Keywords: Air conditioning, Thermoelectric, Coefficient of performance, Peltier, Open air electric vehicles

Please cite this article as: C. Mekmuangthong, S. Saengnual and C. Pitipoomsuksan, "Design and Study on Efficiency of Air Conditioning Unit using Thermoelectric for Use in Open Air Electric Vehicles," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 5, pp. 23-33, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ในปัจจุบันวิกฤติพลังงานและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง หลายประเทศให้ความสนใจในการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงการลดปัญหาการปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม การขนส่ง ซึ่งหนึ่งในนั้นคือการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (Battery Electric Vehicle: BEV) แทนยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ซึ่งประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีนโยบายสนับสนุนการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเต็มที่ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หนุมุดหมายที่ 3 ซึ่งมุ่งเน้นการเปลี่ยนผ่านไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าในระยะเวลา 5 ปี (พ.ศ. 2566 – 2570) เพื่อให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า หนึ่งในประเภทของยานยนต์ไฟฟ้าที่มีอย่างแพร่หลายเป็นยานยนต์ไฟฟ้าโดยสารสาธารณะภายในหน่วยงานต่างๆ หรือ ยานยนต์โดยสารบริเวณแหล่งท่องเที่ยว การขนส่งบุคลากรในพื้นที่ส่วนบุคคล ซึ่งได้รับความนิยมมากขึ้น โดยเฉพาะยานยนต์โดยสารสาธารณะที่เป็นยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเน้นการถ่ายเทอากาศด้วยสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ต้นทุนการออกแบบสร้างต่ำ ลดการแพร่กระจายของเชื้อโรคประเภท Airborne (แพร่กระจายผ่านอากาศ) หรือ Droplet (แพร่ผ่านละอองฝอย) อีกทั้งยังส่งเสริมการขึ้นชมทัศนียภาพในระหว่างการเดินทาง ในอนาคตการเติบโตของยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิดสามารถพัฒนาไปควบคู่กับการเติบโตทางด้านการท่องเที่ยว การขยายพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมเป็นรถประจำในนิคมเพื่อรับ - ส่งพนักงานของบริษัทต่าง ๆ แม้แต่ในส่วนสถานศึกษาหรือส่วนราชการ

อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยมีสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง ยานยนต์แบบเปิดที่ไม่มีระบบปรับอากาศจะไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างเต็มที่ ในสภาวะที่ยานยนต์ไม่เคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ช้า

ระบบปรับอากาศจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการขับขึ้นบนท้องถนน เพื่อให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารเกิดความสบายตลอดการเดินทางเช่นเดียวกับยานยนต์แบบปิดที่มีการปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศสำหรับยานยนต์ในปัจจุบันที่นิยมใช้กันทั่วไปเป็นระบบปรับอากาศแบบอัดไอ (Vapor Compression System) ซึ่งมีอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Coefficient of Performance, COP) สูง โดยที่ค่า COP ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น R134a จะอยู่ที่ 3.0 ถึง 3.5 ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ สารทำงานในระบบ และสภาวะการทดสอบ [1] โดยค่า COP คือค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นหรือระบบทำความร้อน ซึ่งแสดงถึงอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ได้จากกระบวนการกับพลังงานที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนระบบ อย่างไรก็ตาม เครื่องปรับอากาศแบบอัดไรมีข้อด้อยหลายประการ เช่น การใช้สารทำความเย็นที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก มีความซับซ้อนของระบบ การใช้งานด้วยต้นกำลังหลักเพียงจุดเดียวอาจทำให้เกิดภาระการทำงานหนักโดยไม่จำเป็นในกรณีที่มีจำนวนผู้โดยสารน้อย และ ต้องการการบำรุงรักษาโดยผู้เชี่ยวชาญอย่างสม่ำเสมอ

นอกจากนี้ ระบบอัดไอยังไม่เหมาะสมกับยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด เนื่องจากไม่สามารถการปรับแต่งการจ่ายลมเฉพาะจุด (Zonal Cooling) หรือการเลือกจ่ายลมเพียงจุดใดจุดหนึ่งได้ ทำให้เกิดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเมื่อต้องปรับอากาศทั่วทั้งยานยนต์ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก หรือ แผ่นเพลเทียร์ (Peltier Module) เป็นอุปกรณ์ที่มีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว แผ่นเพลเทียร์สามารถสร้างความเย็นและความร้อนได้โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านวัสดุเพลเทียร์ เรียกว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect) ซึ่งมีข้อดีหลายประการ เช่น ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ไม่มีเสียงดัง มีขนาดเล็ก [2-4] มีน้ำหนักเบา และไม่ต้องการการบำรุงรักษาที่ซับซ้อน

บทความวิจัย (Research Article)

นอกจากนี้ ยังสามารถจัดทำเป็นโมดูลอิสระแยกจากกันเพื่อการกระจายความเย็นเฉพาะจุดได้ ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานที่สูญเสียเปล่า

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเพื่อชดเชยข้อด้อยของระบบปรับอากาศแบบอัดไอ การศึกษาและพัฒนาเครื่องปรับอากาศเฉพาะจุดด้วยแผ่นเพลเทียร์จะช่วยให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารรู้สึกสบายในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้โดยสารและประหยัดพลังงาน [5,6] ทั้งยังเป็นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 1 ยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิดวิทยาลัยเชียงราย

ตาราง 1 สัญลักษณ์และคำอธิบาย

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
W	วัตต์
kg/m ³	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
m/s	เมตรต่อวินาที
m ²	ตารางเมตร
m ³ /s	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
kg/s	กิโลกรัมต่อวินาที
kJ/kg·K	กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน
W/m ² ·K	วัตต์ต่อตารางเมตรเคลวิน
K	เคลวิน
°C	องศาเซลเซียส

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
mm	มิลลิเมตร
V	โวลต์
Ah	แอมป์-ชั่วโมง

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

ระบบปรับอากาศโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การค้นพบปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect) ในศตวรรษที่ 19 ในช่วงแรก ๆ เทคโนโลยีนี้ถูกใช้งานในอุปกรณ์ทำความเย็นขนาดเล็ก เช่น ตู้เย็นแบบพกพา และอุปกรณ์ที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิที่เฉพาะเจาะจง แต่เนื่องจากข้อจำกัดในด้านวัสดุที่ใช้สร้างแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เช่น Bismuth Telluride (Bi₂Te₃) ที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนที่ยังไม่สูงพอ ทำให้ระบบปรับอากาศโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกมีค่า COP ต่ำกว่าเทคโนโลยีทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System) อย่างมาก [7-9]

ในปัจจุบัน การพัฒนาเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกได้ก้าวหน้าอย่างมาก โดยการใช้วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น วัสดุแบบ Bismuth Telluride ที่ผ่านการปรับปรุง และการออกแบบระบบควบคุมพลังงานที่เหมาะสม ทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนและการระบายความร้อนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในการใช้งานในรูปแบบการระบายความร้อนเฉพาะจุด (spot cooling) [2,3,5] เทคโนโลยีนี้สามารถใช้งานได้ในพื้นที่ที่ต้องการความเงียบและการควบคุมอุณหภูมิอย่างแม่นยำ เช่น ห้องปฏิบัติการ ห้องคลีนรูม หรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิที่แน่นอน

ระบบปรับอากาศที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกมีข้อดีหลายประการ เช่น ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว จึงไม่มีเสียงรบกวน ไม่ต้องการการบำรุงรักษาบ่อยครั้ง และมีขนาดเล็กกว่าระบบปรับอากาศแบบอัดไอ นอกจากนี้ เทคโนโลยีนี้ยังสามารถนำมาปรับใช้ใน

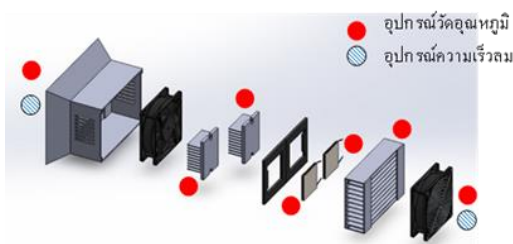
บทความวิจัย (Research Article)

หลาย ๆ สถานการณ์ เช่น การปรับอากาศในพื้นที่ขนาดเล็กหรือการทำความเย็นเฉพาะจุด ซึ่งช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งาน [6-10]

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยมีกรอบแนวคิด ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งเฉพาะจุดของผู้โดยสารแต่ละคน แยกกันอย่างอิสระโดยไม่เกี่ยวข้องกัน มีการออกแบบสร้างโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ ให้สามารถใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด โดยใช้หลักการของการออกแบบอุปกรณ์ระบายความร้อนด้วยแผ่นเพลเทียร์ ประยุกต์หลักการและวิธีการจาก Cui Zhang [10], Eid Ahmed Fawzy [11], Ma Ke [12], โดยให้เครื่องปรับอากาศสามารถทำให้ผู้โดยสารรู้สึกถึงความสบายในระหว่างการเดินทาง ซึ่งอุณหภูมิรับรู้ต่ำสุดสูงสุด อยู่ระหว่าง 25.6 - 31.0 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ความเร็วลม 0.25 - 0.50 เมตรต่อวินาที (m/s) ความชื้นสัมพัทธ์เป็นไปตามธรรมชาติ และทำการทดสอบในสภาวะจริง โดยติดตั้งบริเวณด้านหน้าของรถ เพื่อพัดอากาศให้กระทบบริเวณหน้าอกของผู้โดยสาร ดังแสดงในรูปที่ 2 มีแบบจำลองชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 แนวคิดการออกแบบติดตั้ง



รูปที่ 3 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์

จากกรอบแนวคิดการวิจัยผู้วิจัยจะดำเนินการออกแบบอุปกรณ์และเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลมที่ออกจากพัดลม ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ อุณหภูมิสัมผัส อุณหภูมิของครีbsd้านเย็น อุณหภูมิฐานด้านเย็น อุณหภูมิฐานด้านร้อน อุณหภูมิครีbsd้านร้อน อุณหภูมิลมที่ด้านร้อน ความเร็วลมด้านร้อน กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าให้กับระบบแยกเป็น แผ่นเพลเทียร์และพัดลมระบายอากาศ จากนั้นนำข้อมูลต่าง ๆ มาวิเคราะห์เพื่อการพัฒนาการออกแบบ วิเคราะห์ COP เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาต่อยอด ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนการวิเคราะห์การศึกษา

2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์เลือกใช้แผ่นเพลเทียร์

จากการกำหนดพื้นที่การทำความเย็นเพื่อให้ผู้โดยสารรู้สึกถึงสภาวะน่าสบายบริเวณช่วงอกโดยผู้วิจัยกำหนดขนาดพัดลมด้านทางออกไว้ที่ 120x120 มิลลิเมตร (mm) ความเร็วลมที่ต้องการ 0.5 เมตรต่อวินาที (m/s) ผลต่างอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผู้โดยสารจะมีความรู้สึกสบาย เพื่อนำมาคำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศจากพื้นฐานกลศาสตร์ของไหล สมการ (1) และภาระการทำความเย็นจากการถ่ายเทความร้อนในอากาศ สมการ (2) [13] และใช้ค่าคงที่ต่าง ๆ ที่แสดงในตารางที่ 3 [14]

บทความวิจัย (Research Article)

$$\dot{m} = \rho v A \quad (1)$$

$$Q = \dot{m} c_p \Delta T \quad (2)$$

เมื่อ	Q	คือ ภาระทำความเย็น วัตต์ (W)
	ρ	คือ ความหนาแน่นอากาศ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m ³)
	v	คือ ความเร็วอากาศ เมตรต่อวินาที (m/s)
	A	คือ พื้นที่หน้าตัดที่ทางออก ตารางเมตร (m ²)
	c_p	คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ อากาศ กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน (kJ/kg·K)
	ΔT	คือ ความต่างอุณหภูมิ เคลวิน (K)
	$\dot{m}$	คือ อัตราการไหลของอากาศ กิโลกรัมต่อวินาที (kg/s)

การหาค่า COP ซึ่งสามารถหาได้จากอัตราส่วนปริมาณการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อนกับพลังงานไฟฟ้าที่ให้กับระบบดังสมการที่ (3) และ (4) [13]

$$Q_c = Ah\Delta T \quad (3)$$

$$COP = \frac{Q_c}{W} \quad (4)$$

เมื่อ	Q_c	คือ ความร้อนถ่ายเทจากแผ่น เพลเทียร์ด้านเย็น วัตต์ (W)
	W	คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้โดยระบบ วัตต์ (W)
	h	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน วัตต์ต่อตารางเมตรเคลวิน (W/m ² ·K)
	ΔT	คือ ผลต่างอุณหภูมิ เคลวิน (K)
	A	คือ พื้นที่พัดลมด้านเย็น ตารางเมตร (m ²)

ตาราง 2 ค่าคงที่

สัญลักษณ์	ค่าคงที่	หน่วย
ρ	1.2	kg/m ³
c_p	1.005	kJ/kg·K
h	50	W/m ² ·K

จากการคำนวณพบว่าต้องมีอัตราการไหล 0.00864 กิโลกรัมต่อวินาที (kg/s) หรือ 0.0072 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m³/s) ภาระการทำความเย็น มีค่า 43.416 วัตต์ (W) จึงเลือกใช้แผ่นเพลเทียร์ที่ใช้ กำลังไฟฟ้า 60 วัตต์ ขนาด 40 × 40 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น ใช้พัดลม ขนาด 120 × 120 มิลลิเมตร ที่ด้าน ร้อน และด้านเย็น ด้านละ 1 มีอัตราการไหลของ อากาศ 0.0259 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m³/s) ใช้ใน การสร้างเครื่องปรับอากาศต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 เครื่องปรับอากาศต้นแบบ

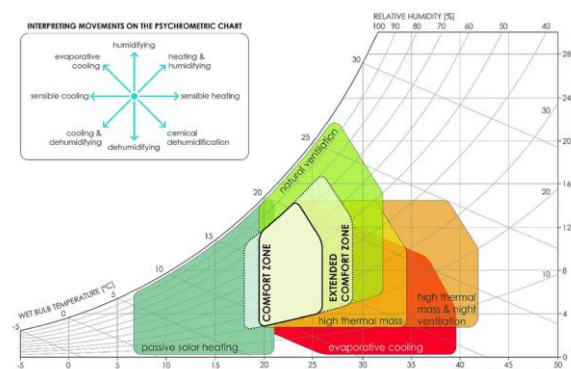
2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความรู้สึกในสภาวะน่าสบายของผู้โดยสาร

การทดสอบทดสอบบนยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด ขณะที่เคลื่อนที่ภายในวิทยาลัยความเร็วเฉลี่ยไม่เกิน 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วิเคราะห์สภาวะน่าสบายโดยใช้วิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพจากอุณหภูมิของ อากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม เพื่อหาสภาวะ น่าสบายจาก โดยใช้แผนภูมิอากาศ ซึ่งมีการแบ่งพื้นที่ โซนสบาย (Comfort Zone) เป็นพื้นที่ที่ผู้โดยสารรู้สึก สบาย โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงที่ ทำให้คนส่วนใหญ่รู้สึกสบาย โดยไม่ต้องการการ

บทความวิจัย (Research Article)

ควบคุมความร้อนเพิ่มเติมขยายโซนสบาย (Extended Comfort Zone) ส่วนนี้เพิ่มขึ้นเมื่อมีการระบายอากาศตามธรรมชาติ ซึ่งสามารถขยายช่วงสภาวะสบายได้ การระบายความร้อนด้วยการระเหย (Evaporative Cooling) หมายถึงการใช้การระเหยของน้ำเพื่อระบายความร้อน ช่วยลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มวลความร้อนสูงและการระบายอากาศเวลากลางคืน (High Thermal Mass & Night Ventilation) แสดงถึงการใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนสูง เพื่อเก็บความร้อนในเวลากลางวันและระบายออกในเวลากลางคืน ช่วยในการรักษาอุณหภูมิที่สบาย

การระบายอากาศตามธรรมชาติ (Natural Ventilation) แสดงถึงการใช้การระบายอากาศตามธรรมชาติในการรักษาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สบาย การให้ความร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่ใช้พลังงาน (Passive Solar Heating) แสดงถึงการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มความร้อนในสภาวะที่อากาศเย็น มวลความร้อนสูง (High Thermal Mass) แสดงถึงการใช้วัสดุที่มีมวลความร้อนสูงเพื่อรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในระดับสบายในช่วงอุณหภูมิที่สูง ดังแสดงในรูปที่ 6 พร้อมทั้งเก็บข้อมูลความเร็วลมจากพัดลม ซึ่งความเร็วลมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อความรู้สึกเพราะความเร็วลมมีผลต่อการระเหยของน้ำจากผิวหนังร่างกายเพื่อควบคุมอุณหภูมิในร่างกายให้เหมาะสม เพราะเมื่อความเร็วลมน้อยเกินไปจะทำให้ความร้อนไม่สามารถระบายออกจากร่างกายได้ทำให้รู้สึกอึดอัด แต่ถ้าความเร็วลมมากเกินไปจะเป็นรบกวนทำให้รู้สึกไม่สบาย ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยจากการศึกษาของ (Olgay, 1963) [14] แสดงเกณฑ์การเปรียบเทียบสภาวะน่าสบายกับความรู้สึกเหมือนอุณหภูมิลดลงตามช่วงความเร็วลมดังแสดงในตามตารางที่ 3



รูปที่ 6 Bioclimatic Chart (Kosir M, 2019) [15]

ตาราง 3 เกณฑ์การประเมินสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิ [14]

ความเร็วลม เมตรต่อวินาที (m/s)	ความเป็นไปได้ของ อุณหภูมิที่รู้สึกลดลง	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0 - 0.254	ไม่รู้สึกละเปลี่ยนแปลงใน สภาวะน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกต ได้
0.254-0.508	ต่ำลง 2-3 C°	รู้สึกสบาย
0.508-1.016	ต่ำลง 4-5 C°	รู้สึกสบายแต่รู้ว่ามี อากาศเคลื่อนไหว
1.016-1.524	ต่ำลง 5-7 C°	รู้สึกว่ามีลมพัด เล็กน้อยจนถึงขั้น รู้สึกรบกวน
มากกว่า 1.524	ต่ำลงมากกว่า 5-7 C°	รู้สึกรบกวนต่อ กิจกรรมที่ทำ

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดลองใช้เครื่องปรับอากาศด้วยแผ่นเพลเทียร์ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด โดยการติดตั้งตัวเครื่องปรับอากาศในบริเวณคอนโซลด้านหน้าดังแสดงในรูปที่ 7 จ่ายพลังงานด้วยแบตเตอรี่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ (V) 16 แอมป์-ชั่วโมง (Ah) เพื่อเตรียมสำหรับใช้งานกับแผงโซลาร์เซลล์ในอนาคต และได้บันทึกข้อมูลเป็นอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิลมจากพัดลม อุณหภูมิแผ่นเพลเทียร์ด้านร้อน อุณหภูมิแผ่นเพลเทียร์ด้านเย็น และ อุณหภูมิอากาศ ทดสอบในยานพาหนะที่เคลื่อนที่ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 8

บทความวิจัย (Research Article)

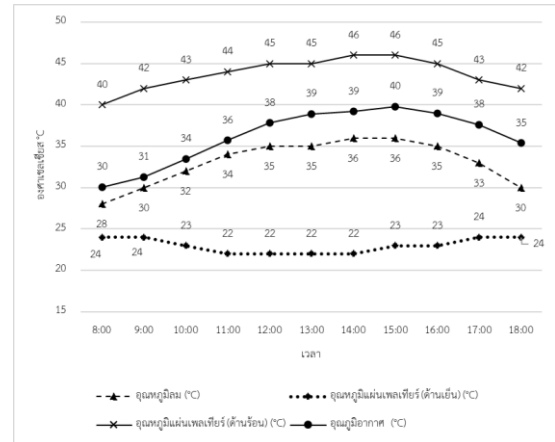


รูปที่ 7 การติดตั้งบริเวณหน้ารถด้านผู้โดยสาร



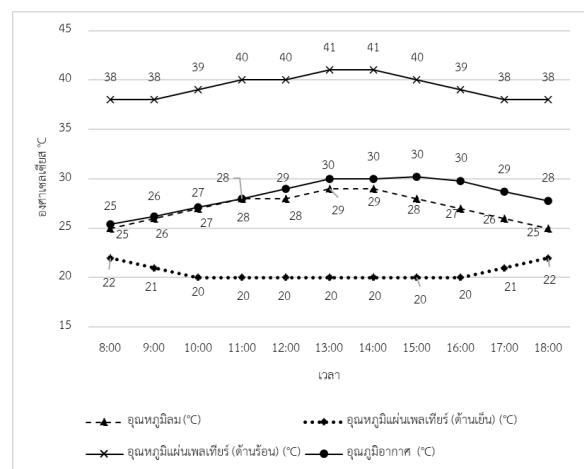
รูปที่ 8 ทดสอบวัดอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิขณะทำงาน

ความรู้สึกว่าสบายของผู้ใช้ในฤดูร้อน คือช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ระดับอุณหภูมิอากาศในการทดสอบ 30 องศาเซลเซียส ถึง 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของลมจากเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 28 องศาเซลเซียส ถึง 36 องศาเซลเซียส เครื่องปรับอากาศสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 5 องศาเซลเซียส อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ถึง 70 จัดอยู่ในโซนไม่สบายซึ่งมีพื้นที่ส่วนมากไม่สามารถปรับปรุงให้สบายได้ แต่ในช่วงอุณหภูมิไม่เกิน 32 องศาเซลเซียส ผู้โดยสารจะยังรู้สึกสบาย เมื่อวิเคราะห์จากความเร็วลมอยู่ในช่วง 0.4 เมตรต่อวินาที (m/s) ช่วยให้อุณหภูมิที่รู้สึกต่ำลง 2-3 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยรวมแล้วจัดว่าอยู่ในระดับที่รู้สึกสบาย ซึ่งมีผลการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟอุณหภูมิ
(ฤดูร้อน 28 - 36 องศาเซลเซียส)

ผลการทดลองในรูปที่ 10 ความรู้สึกสภาวะน่าสบาย ของผู้ใช้ในฤดูฝน คือช่วง เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม อุณหภูมิอากาศในการทดสอบ 25 องศาเซลเซียส ถึง 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของลมจากเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ถึง 29 องศาเซลเซียส เครื่องปรับอากาศสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 3 องศาเซลเซียส อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 ถึง ร้อยละ 85 จัดอยู่ในโซนสบาย และ โซนสบายอากาศตามธรรมชาติ ตลอดทั้งวัน

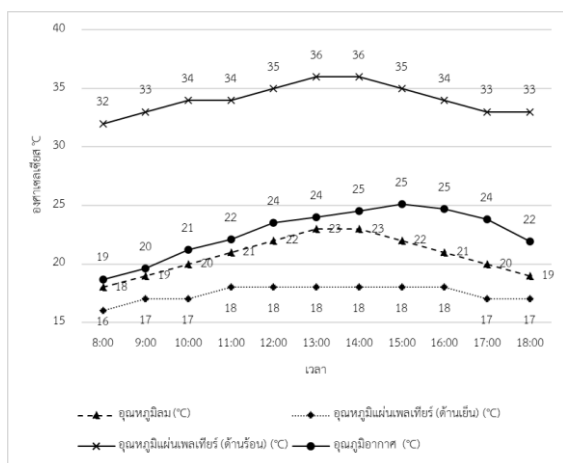


รูปที่ 10 กราฟอุณหภูมิ
(ฤดูฝน 25 ถึง 29 องศาเซลเซียส)

บทความวิจัย (Research Article)

เมื่อวิเคราะห์จากความเร็วลมในช่วง 0.3-0.4 เมตรต่อวินาที (m/s) ช่วยให้อุณหภูมิที่รู้สึกต่ำลง 2 ถึง 3 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยรวมแล้วจัดว่าอยู่ในระดับที่ รู้สึกสบาย ตลอดทั้งวัน

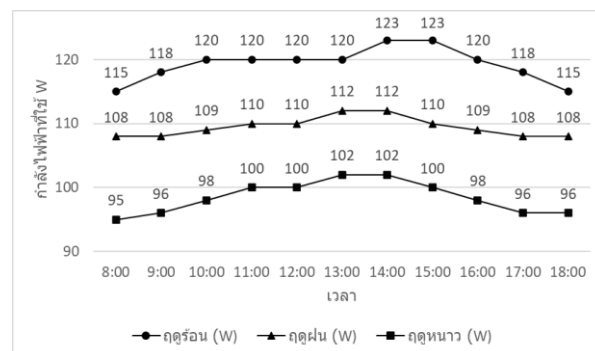
ความรู้สึกสภาวะน่าสบายของผู้ใช้ในฤดูหนาว ตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ อุณหภูมิอากาศในการทดสอบ 19 ถึง 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของลมจากเครื่องปรับอากาศอยู่ที่ 18 องศาเซลเซียส ถึง 23 องศาเซลเซียส สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 4 องศาเซลเซียส อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 48 ถึง ร้อยละ 55 อยู่ในโซนสบาย และ โชนเย็นเล็กน้อยที่ต้องใช้แสงอาทิตย์ในการปรับปรุงเพื่อให้เกิดความรู้สึกสบาย เมื่อวิเคราะห์จากความเร็วลมอยู่ในระดับสภาวะน่าสบาย อยู่ในสภาวะไม่สามารถสังเกตได้ อุณหภูมิที่รู้สึกไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในบางช่วงเวลา ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศก็สามารถรู้สึกสบายได้ ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 กราฟอุณหภูมิ (ฤดูหนาว 19 ถึง 25 องศาเซลเซียส)

ในส่วนของการทดสอบด้านการใช้พลังงานเพื่อวิเคราะห์อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน COP ของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเก็บข้อมูลการใช้พลังงานซึ่งเป็นพลังงานรวมของระบบทั้งจากแผ่นเพลเทียร์ พัดลม

ระบายอากาศ นำมาเปรียบเทียบกับช่วงฤดูการต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 กราฟการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

โดยในการคำนวณค่า COP กำหนดให้ แผ่นเพลเทียร์ใช้กำลังงาน 60 วัตต์ ขนาด 40 x 40 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น พัดลม ใช้กำลังงาน 1.56 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ผลการวิเคราะห์เป็นไปดังแสดงในตารางที่ 4

ตาราง 4 การคำนวณค่า COP ในแต่ละฤดูกาล

ช่วงฤดู	ความต่างอุณหภูมิ (°C)	Q _c (W)	W (W)	COP
ฤดูร้อน 28 °C – 36 °C	5	1.28	119	0.0303
ฤดูฝน 25 °C – 29 °C	3	1.12	110	0.0196
ฤดูหนาว 19 °C – 25 °C	4	0.64	98.5	0.0292

4. บทสรุป

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศโดยใช้แผ่นเพลเทียร์ (เทอร์โมอิเล็กทริก) ในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเหมาะสมในการใช้งานในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

การทดลองใช้แผ่นเพลเทียร์ขนาด 40 x 40 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น และพัดลมระบายความร้อน

บทความวิจัย (Research Article)

ขนาด 120 x 120 มิลลิเมตร ด้านละ 1 ตัว ใช้ครีบริบายความร้อนอลูมิเนียมขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร ด้านละ 1 ชิ้น ติดตั้งในยานยนต์ไฟฟ้าแบบเปิด จ่ายพลังงานด้วยแบตเตอรี่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ 16 แอมป์-ชั่วโมง (Ah) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นเครื่องปรับอากาศสามารถลดอุณหภูมิของแผ่นเพลตียร์ด้านเย็นได้แตกต่างกันไปตามสภาวะอากาศ ซึ่งส่งผลต่ออุณหภูมิของลมที่ออกจากพัดลม ซึ่งเครื่องปรับอากาศสามารถทำให้ผู้ใช้งานมีความรู้สึกสบายได้ ทั้ง 3 จุดแต่ในช่วงฤดูร้อน ที่อุณหภูมิมากกว่า 32 องศาเซลเซียส จะไม่สามารถปรับปรุงสภาวะได้ ในช่วงฤดูหนาวบางช่วงอาจไม่จำเป็นต้องมีการใช้เครื่องปรับอากาศ เนื่องจากสภาวะอากาศมีความสบายอยู่แล้ว

ผลการคำนวณค่า COP แสดงให้เห็นว่าระบบทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์หรือระบบดูดซึม ซึ่งการเปรียบเทียบค่า COP ของเครื่องปรับอากาศนี้ มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Nemati et al. (2018) [8] เป็นงานวิจัยศึกษา ระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกแบบสองขั้น (two-stage cascaded thermoelectric cooler) โดยการปรับปรุงทางเรขาคณิตและการควบคุมกระแส ผลการวิจัยพบว่า การควบคุมกระแสและการออกแบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ แต่ COP ที่ได้ยังต่ำกว่าระบบคอมเพรสเซอร์ โดย COP อยู่ในช่วงประมาณ 0.02 ถึง 0.04 [8] และงานของ Dizaji et al. 2019 [9] ได้ทำการทดลองใช้ ระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบ โดยคำนวณค่า COP ของระบบ Peltier พบว่าค่า COP อยู่ที่ประมาณ 0.03 อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังระบุว่าระบบเทอร์โมอิเล็กทริกยังคงมีข้อจำกัดในการทำงานในระบบที่ต้องการกำลังสูง การวิจัยของ Tan et al. (2017) [2] มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ ระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกแบบ single-stage โดยใช้กฎเทอร์โมไดนามิกส์ข้อที่สอง

(second law of thermodynamics) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า COP ของระบบแบบ single-stage มีค่าประมาณ 0.02 ถึง 0.03 และได้ระบุว่าประสิทธิภาพยังต่ำกว่าระบบอัดไอที่ใช้ในงานทั่วไป Eid et al. (2022) [11] งานวิจัยนี้ทำการศึกษา การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบโซลาร์เซลล์โดยการทำมาความเย็น ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก โดยพบว่าการใช้เทอร์โมอิเล็กทริกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ได้ COP ของระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้ในงานมีค่าอยู่ที่ประมาณ 0.025 ถึง 0.035 [11] และเมื่อเปรียบเทียบกับระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์และแบบดูดซึม ที่มีค่า COP ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น R134a จะอยู่ที่ 3.0 ถึง 3.5

อย่างไรก็ตามระบบนี้มีข้อดีที่ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ไม่มีเสียงดัง และมีขนาดเล็ก และสามารถทำงานแยกอิสระด้วยตัวเอง ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่จำกัดและในอุปกรณ์ที่ต้องการความเงียบสงบ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] B. O. Bolaji, M. A. Akintunde, and T. O. Falade, "Comparative analysis of performance of three ozone-friendly HFC refrigerants in a vapour compression refrigerator," *Journal of Sustainable Energy & Environment*, vol. 2, pp. 61-64, 2011.
- [2] H. Tan, H. Fu, and J. Yu, "Evaluating optimal cooling temperature of a single-stage thermoelectric cooler using thermodynamic second law," *Applied Thermal Engineering*, vol. 123, pp. 845-851, 2017.
- [3] L. Zhu and J. Yu, "Optimization of heat sink of thermoelectric cooler using

บทความวิจัย (Research Article)

- entropy generation analysis," *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 118, pp. 168-175, 2017.
- [4] N. Panigrahi, K. Venkatesan, and M. Venkata Ramanan, "Performance study of thermoelectric cooler using multiphysics simulation and numerical modelling," *International Journal of Ambient Energy*, 2019.
- [5] E. Fong, T. T. Lam, W. D. Fischer, and S. W. K. Yuan, "Analytical approach for study of transient performance of thermoelectric coolers," *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*, vol. 33, pp. 96-105, 2019.
- [6] Y. M. Seo, M. Y. Ha, S. H. Park, G. H. Lee, Y. S. Kim, and Y. G. Park, "A numerical study on the performance of the thermoelectric module with different heat sink shapes," *Applied Thermal Engineering*, vol. 128, pp. 1082-1094, 2018.
- [7] Y. Qin, B. Qin, D. Wang, C. Chang, and L. Zhao, "Solid-state cooling: thermoelectrics," *Energy & Environmental Science*, vol. 15, pp. 4527-4541, 2022.
- [8] A. Nemati, H. Nami, M. Yari, and F. Ranjbar, "Effect of geometry and applied currents on the exergy and exergoeconomic performance of a two-stage cascaded thermoelectric cooler," *International Journal of Refrigeration*, vol. 85, pp. 1-12, 2018.
- [9] H. S. Dizaji, S. Jafarmadar, S. Khalilarya, and S. Pourhedayat, "A comprehensive exergy analysis of a prototype Peltier air-cooler; experimental investigation," *Renewable Energy*, vol. 131, pp. 308-317, 2019.
- [10] X. Cui and T. Hu, "Robust predictive thermal management strategy for lithium-ion battery based on thermoelectric cooler," *Applied Thermal Engineering*, vol. 221, 2023.
- [11] E. A. Fawzy, S. I. Lee, S. G. Hong, and W. Choi, "Hybrid cooling techniques to improve the performance of solar photovoltaic modules," *Solar Energy*, vol. 245, no. 2, pp. 254-264, 2022.
- [12] K. Ma, Z. Zhengxing, and W. Wei, "Design and experimental study of an outdoor portable thermoelectric air-conditioning system," *Applied Thermal Engineering*, vol. 219, 2023.
- [13] Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 9th ed., New York, NY: McGraw-Hill Education, 2019.
- [14] V. Olgyay, *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton, NJ: Princeton University Press, 1963.
- [15] M. Kosir, "Bioclimatic potential: A way to determine climate adaptability," in *Climate Adaptability of Buildings: Bioclimatic Design in the Light of Climate Change*, M. Košir, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2019.