

## การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ

## DEVELOPMENT OF WATER TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR TEMPERATURE CONTROLLED MATTRESS

นักสันทน์ ปิยะศิริภักดิ์<sup>1\*</sup>, สุเมธ เหมะวัฒนะชัย<sup>2</sup>, ชัยญะพร อินทยา<sup>2</sup>, ธนิตา เพิ่มบุญมา<sup>2</sup>, ยูภาภรณ์ ทองชาวนา<sup>2</sup>, อุไรวรรณ ชัยชนะวิโรจน์<sup>1</sup>

**Napasanan Piyasiripan<sup>1\*</sup>, Sumet Heamawatanachai<sup>2</sup>, Chaiyaphorn Intaya<sup>2</sup>, Thanita Premboonma<sup>2</sup>, Yuphaporn Thongchaona<sup>2</sup>, Uraiwan Chaichanawirote<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

<sup>1</sup>Adult and Gerontological Nursing, Faculty of Nursing, Naresuan University.

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

<sup>2</sup>Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University.

\*Corresponding author, e-mail: napasananp@hotmail.com

**Received:** 26 May 2021; **Revised:** 9 January 2023; **Accepted:** 16 January 2023

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ การศึกษาครั้งนี้ อยู่ในขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำ เพื่อให้ได้ต้นแบบ (prototype) ของที่นอนควบคุมอุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อคุณภาพการนอนในผู้สูงอายุ การศึกษาได้ทดลองความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสโมดูล (เพลเทียร์) 2 ชนิด ได้แก่ (1) เพลเทียร์ชนิด TEC12706 และ (2) เพลเทียร์ชนิด TEC12712 โดยการทดลองมีด้วยกัน 4 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 การทดลองชนิดเพลเทียร์ที่เหมาะสมสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ รูปแบบที่ 2 การทดลองพลังงานสะสมในน้ำและเพลเทียร์ รูปแบบที่ 3 การทดลองความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้นในการทำความเย็นให้กับที่นอน และรูปแบบที่ 4 การทดลองความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้นในการทำความร้อนให้กับที่นอน ในการทดลองทั้งหมดมีการบันทึกอุณหภูมิของน้ำที่จุดต่าง ๆ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าพลังงานที่ระบบทำได้ทั้งการดูดซับและปลดปล่อยโดยใช้สมการเพลเทียร์ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แผ่นเพลเทียร์จะส่งผลให้อุณหภูมิด้านน้ำร้อนสูงขึ้นและอุณหภูมิด้านน้ำเย็นต่ำ การใช้เพลเทียร์ TEC12712 ช่วยลดเวลาที่ใช้ในการทำอุณหภูมิที่ต้องการให้กับน้ำร้อนและน้ำเย็นได้ดีกว่าการใช้เพลเทียร์ TEC12706 เนื่องจากกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเพลเทียร์ TEC12712 มากกว่า จึงทำให้พลังงานที่ปลดปล่อยและพลังงานที่ดูดซับของเพลเทียร์มีค่าเพิ่มขึ้น ในการศึกษาพลังงานสะสมในน้ำและพลังงานจากเพลเทียร์พบว่า พลังงานที่เพลเทียร์ปลดปล่อยและดูดซับมีความสอดคล้องกับพลังงานที่เปลี่ยนแปลงในน้ำทั้งด้านร้อนและด้านเย็น โดยพลังงานสะสมที่เปลี่ยนแปลงในน้ำจะมีค่าน้อยกว่าพลังงานที่คำนวณจากเพลเทียร์ ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน รวมถึงมีความร้อนถ่ายเทออกสู่ภายนอกระบบ สำหรับผลการศึกษานี้สามารถใช้ในการทำความร้อนและเย็นให้กับที่นอนพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการทำความร้อนและความเย็นให้กับที่นอนปรับอุณหภูมิได้

**คำสำคัญ:** เพลเทียร์; ที่นอน; ระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำ

### Abstract

This study aims to develop a water temperature control system for developing of temperature control mattress. In this step of study was designed a water temperature control system to get temperature control mattress prototype, that useful for quality of sleep in aging. The experiment in this study had examined the thermoregulation ability of the thermoelectric modules (peltier) for water temperature control. The 2 types of peltier were (1) TEC12706 and (2) TEC12712, which consisted of 4 scenarios. Scenario 1: experiment to study suitable peltier types for this application. Scenario 2: experiment to study the stored energy in water and peltier. Scenario 3: experiment to study the cooling ability of the developed system to the mattress. Scenario 4: experiment to study the heating ability of the developed system to the mattress. For all experiments, temperature of water at various locations were recorded to calculate the energy that the system could absorb and release using the peltier equations. The results showed that when supply electricity to peltier, hot water temperature rises and cold water temperature drops. The using of peltier TEC12712 resulted in a reduction in the time required to achieve the desired temperature for hot and cold water compare with TEC12706. Because of higher current and voltage were supplied to the TEC12712 peltier, resulted in increasing the released energy and absorbed energy of the peltier. In study the changing of stored energy in water and peltier energy revealed that the released energy and absorbed energy of peltier were agreed with the changing of store energy in water in both hot side and cold side. However, the changing of stored energy in water was less than the energy form peltier due to the efficiency of heat exchanging property of the device and the heat dissipation to the surrounding. For the study the effect of the heating and cooling ability of the system to the mattress showed that the developed system had high potential to be used for heating and cooling the mattress.

**Keywords:** Peltier; Mattress; A Water Temperature Control System

### บทนำ

ปัจจุบันประชากรผู้สูงอายุมีแนวโน้มสูงขึ้น ทุกภาคส่วนในประเทศไทยทั้งรัฐ เอกชน ตลอดจนภาคการศึกษา มีความตระหนักในการเตรียมรับมือกับปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคมผู้สูงอายุ ที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และจิตสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านร่างกายที่มีความเสื่อมสลายมากกว่าสร้าง เนื้อเยื่ออวัยวะและระบบต่าง ๆ ในร่างกายเสื่อมลง เนื้อเยื่อคอลลาเจนมีการเปลี่ยนแปลงทำให้มีลักษณะแข็ง แดงแห้ง เสียความยืดหยุ่น ทำให้เกิดการเสื่อมของอวัยวะต่าง ๆ [1] ทั้งนี้ ผู้สูงอายุจะมีผิวหนังที่บางลง น้ำและไขมันใต้ผิวหนังลดลง จึงทำให้ทนต่อความหนาวเย็นลดลง ในทำนองเดียวกันผู้สูงอายุมีจำนวนและขนาดของต่อมเหงื่อลดลง ทำให้ไม่สามารถขับเหงื่อได้ จึงทำให้การระบายความร้อนโดยวิธีระเหยจึงไม่ติดตามไปด้วย และทำให้การควบคุมอุณหภูมิของร่างกายแย่ลงเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น [2] ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้สูงอายุมีอาการร้อน ๆ หนาว ๆ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพการนอนหลับในผู้สูงอายุยิ่งขึ้น โดยที่การเปลี่ยนแปลงการนอนหลับจะมาพร้อมกับวัยที่สูงขึ้น เมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุระยะเวลาในการนอนจะสั้นลง ตื่นง่ายหลับยาก และจะมีอาการหลับ ๆ ตื่น ๆ ในช่วงกลางคืน ทำให้ร่างกายได้รับการพักผ่อนไม่เพียงพอ ส่งผลให้มีความบกพร่องของสมาธิ บกพร่องในการวางแผนและตัดสินใจ มีความวิตกกังวลมากขึ้น กระทบความจำ ระบบภูมิคุ้มกันผิดปกติ ติดเชื้อง่าย เสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจ และหลอดเลือด ทำให้นอนมากในตอนกลางวัน และเป็นวัฏจักรต่อการนอนไม่หลับในตอนกลางคืนมากขึ้น จะส่งผล

โดยตรงต่อคุณภาพชีวิตและอาจเป็นปัจจัยชักนำให้เกิดโรคซึมเศร้าในผู้สูงอายุได้ [3] ในทางกลับกันหากผู้สูงอายุได้รับการพักผ่อนที่เพียงพอจะทำให้ร่างกายสดชื่น กระปรี้กระเปร่า จิตใจแจ่มใส มีภูมิต้านทานที่ดี ไม่ติดเชื้อง่าย [1] ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันปกติ และส่งผลให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีได้ต่อไป ทั้งนี้อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการนอนหลับของบุคคล [4-5] อุณหภูมิห้องที่สูงกว่า 23.9 องศาเซลเซียส จะทำให้การนอนหลับในระยะที่ 3 และ 4 ของ NREM และการนอนหลับระยะ REM ลดลง ทำให้ตื่นบ่อยขึ้นและมีการเคลื่อนไหวร่างกายเพิ่มมากขึ้น ส่วน อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 12.2 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดความไม่สบายและรบกวนการนอนหลับได้ [6] จากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาทำให้เห็นถึงความสำคัญอีกประการหนึ่งในการนอนหลับก็คือ ความร้อนที่ให้ความสบายขณะนอนหลับ ซึ่งอุณหภูมิของที่นอนเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญกับคุณภาพการนอน การพัฒนาที่นอนปรับอุณหภูมิให้สามารถทำความเย็นหรือความร้อนได้เป็นหัวข้อที่น่าสนใจในการศึกษาด้านวิศวกรรมการแพทย์

จากการทบทวนวรรณกรรมปัจจุบันได้มีผู้คิดค้นเครื่องนอนปรับอุณหภูมิ เช่น เตียงนอนปรับอุณหภูมิ แผ่นนอนปรับอุณหภูมิ เป็นต้น [7] ส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ ราคาค่อนข้างแพง และผลิตมาเพื่อใช้ในบุคคลทั่วไป ยังไม่มีการผลิตมาเพื่อใช้ในผู้สูงอายุโดยเฉพาะ สำหรับในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตที่นอนปรับอุณหภูมิสำหรับผู้สูงอายุ แต่เป็นการสร้างนวัตกรรม ได้แก่ ผ้าห่มลดอุณหภูมิในผู้ป่วยที่มีปัญหาทางระบบประสาท [8] จากความสำคัญของการนอนข้างต้น ทีมวิจัยจึงสนใจในการพัฒนาระบบควบคุมน้ำสำหรับจ่ายให้กับที่นอนควบคุมอุณหภูมิเพื่อคุณภาพการนอนในผู้สูงอายุโดยเฉพาะ โดยมีการใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลหรือที่ทราบกันในชื่อแผ่นเพลเทียร์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจในการนำไปใช้ควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากแผ่นเพลเทียร์สามารถใช้ในการทำความร้อนและเย็นได้ในแผ่นเดียวกัน โดยหลักการการทำงานของแผ่นเพลเทียร์นั้น เพียงแค่จ่ายกระแสไฟฟ้าด้วยความดันและกระแสที่เหมาะสมเท่านั้น อีกทั้งแผ่นเพลเทียร์ยังมีขนาดเล็กไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนที่ ไม่จำเป็นต้องใช้คอมเพรสเซอร์หรือส่วนที่เป็นกลไกขับเคลื่อนใด ๆ และไม่ต้องใช้สารทำความเย็น เช่น สารทำความเย็นชนิด R32, R22, และ R410A [9] เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องจากการทำความร้อนและเย็นที่เกิดขึ้นนั้น มาจากการให้ไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปเหนี่ยวนำให้อิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำให้เคลื่อนที่พร้อมกับแลกเปลี่ยนความร้อนไปด้วย ซึ่งเป็นข้อดีของการทำความเย็นประเภทนี้เพราะใช้เวลาทำความเย็นไม่นานก็จะสามารถได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ หากนำมาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของที่นอนควบคุมอุณหภูมิดังกล่าว จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการส่งเสริมการนอนในผู้สูงอายุให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (research & development) มี 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้เห็นเค้าโครงหรือความเป็นไปได้ของการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ

ขั้นตอนที่ 3 ทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ ในขั้นตอนนี้มีการทดลอง 4 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 การทดลองชนิดเพลเทียร์ที่เหมาะสมสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้ได้ชนิดของเพลเทียร์ที่เหมาะสมในการควบคุมอุณหภูมิของที่นอนควบคุมอุณหภูมิ รูปแบบที่ 2 การทดลองพลังงานสะสมในน้ำและเพลเทียร์ ในการทดลองรูปแบบนี้เป็นการนำชนิดขอเพลเทียร์ที่ได้จากรูปแบบที่ 1 มาทดสอบหลักการการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูล (เพลเทียร์) ว่าเป็นไปตามทฤษฎีและ/หรือสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้หรือไม่

ถ้าสอดคล้องจะแสดงให้เห็นว่าหลักการที่นำมาใช้มีความน่าเชื่อถือ รูปแบบที่ 3 การทดลองความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้นในการทำความเย็นให้กับที่นอน และรูปแบบที่ 4 การทดลองความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้นในการทำความร้อนให้กับที่นอน ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนาต้นแบบที่นอนควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้ได้ต้นแบบที่นอนควบคุมอุณหภูมิที่สามารถปรับอุณหภูมิได้เหมาะสมและตามความต้องการต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ คือ TEC12712 12V 12A 40x40 mm. จำนวน 2 ชิ้น และ TEC12706 12V 12A 40x40 mm. จำนวน 2 ชิ้น แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตช์ (switching power supply) AC110V/220V เป็น DC12V 40A 480W พร้อมพัดลมขนาด 215x115x50 mm. Labtop ยี่ห้อ Lenovo รุ่น Legion Intel Core i7 9<sup>th</sup> Gen RAM 24 GB ที่ติดตั้งโปรแกรม MATLAB R2019a Channel 12V Low Trigger Relay Module With Optocoupler ระบายน้ำสูญญากาศสแตนเลส กระจกน้ำร้อน ขนาด 4 ลิตร จำนวน 2 กระจก ก่อองเนกประสงค์ขนาด 10 ลิตร จำนวน 1 ก่ออง บัมพ์น้ำขนาด 12V DC กินไฟ 4.2W ปริมาณน้ำ 4 ลิตรต่ออนาที จำนวน 9 ตัว ฉนวนยางหุ้มท่อแอร์ ขนาด หนาครึ่งนิ้ว สายน้ำ RO ขนาด 3 หลุม พัดตั้งข้อต่อสายขนาด 3 หลุม 2 ด้าน บอร์ด Arduino DUE เซนเซอร์วัดระดับน้ำ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ฟองน้ำอัด ขนาด 3.5 ฟุต หนา 1 นิ้ว ฟองน้ำวิทยาศาสตร์ ขนาด 3.5 ฟุต หนา 1 นิ้ว ฟองน้ำวิทยาศาสตร์ ขนาด 3.5 ฟุต หนา 1 เซนติเมตร ฉนวนกันความร้อนแอร์บับเบิล (air bubble) ขนาด 3.5 ฟุต บล็อกระบายความร้อนด้วยน้ำ (water cooling block) ขนาด 40x80 mm. ถังน้ำขนาด 75 ลิตร และเครื่องปรีนสามมิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้ 1) ใช้โปรแกรม SOLIDWORKS ในการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ 2) ใช้ microcontroller ศึกษาการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ และ 3) ใช้โปรแกรม MATLAB ในการคำนวณค่าของอุณหภูมิและนำเสนอผลการทดลองเป็นกราฟ

## ผลการวิจัย

### 1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบการควบคุมอุณหภูมิสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ

การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ ครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้หลักการการทำงานของ Thermoelectric module (TEM) โดยหลักการการทำงานของ Thermoelectric module (TEM) หรือทั่วไปจะเรียกว่าแผ่นเพลเทียร์นั้น มีกระบวนการที่เกิดขึ้นใน TEM อยู่ 5 กระบวนการ [10] คือ

1.1 การนำความร้อน (Thermal Conduction) เป็นปรากฏการณ์ที่อธิบายโดยค่าคงที่การนำความร้อน  $k$  ( $W/K \cdot m$ ) ซึ่งจะถูกกำหนดโดยการนำความร้อนและรูปทรงของวัสดุ โดยที่  $\theta$  ( $1.95 K/W$ ) [11] คือ ความต้านทานความร้อนทั้งสองฝั่งของ TEM

$$\theta = \frac{1}{kA} h \quad (\text{สมการที่ 1})$$

$$q_{cond} = \frac{\Delta T}{\theta} \quad (\text{สมการที่ 2})$$

|       |            |  |
|-------|------------|--|
| เมื่อ | $h$        | คือ ความหนาของแผ่นเพลเทียร์ (m)                      |
|       | $A$        | คือ พื้นที่การระบายความร้อน ( $m^2$ )                |
|       | $\Delta T$ | คือ ค่าความต่างของอุณหภูมิจากด้านร้อนกับด้านเย็น (K) |
|       | $q_{cond}$ | คือ พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำความร้อน (W)     |

1.2 ความร้อนจูล (Joule heating) คือ กระบวนการทางฟิสิกส์ของการกระจายความร้อนบนองค์ประกอบที่มีความต้านทาน โดยความต้านทานไฟฟ้า ( $R$ ) ของทั้งสองฝั่งของ TEM คือ

$$R = \rho \frac{h}{A} \quad (\text{สมการที่ 3})$$

$$q_j = I^2 \cdot R \quad (\text{สมการที่ 4})$$

|       |        |  |
|-------|--------|--|
| เมื่อ | $\rho$ | คือ สภาพต้านทานไฟฟ้า ( $\Omega \cdot m$ )  |
|       | $q_j$  | คือ ความร้อนจากการเดินทางของกระแสไฟฟ้า (W) |
|       | $I$    | คือ กระแสไฟฟ้า (A)                         |

1.3 Peltier cooling/heating เป็นปรากฏการณ์ของการดูดหรือปลดปล่อยของความร้อน ระหว่าง pellet เมื่อกระแสไหลผ่าน pellet ความร้อน  $q_p$  จะดูดซับและปลดปล่อยความร้อนคือ

$$q_p = \pi I \quad (\text{สมการที่ 5})$$

|       |       |   |
|-------|-------|---|
| เมื่อ | $q_p$ | คือ พลังงานความร้อนของเพลเทียร์ (W)   |
|       | $\pi$ | คือ แรงดันไฟฟ้า ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของเพลเทียร์ที่สอดคล้องกับคู่เฉพาของวัสดุ (V) |

1.4 การผลิตพลังงานไฟฟ้า Seebeck เป็นกระบวนการที่ให้ความร้อน หรือทำความเย็นของข้อต่อสองวัสดุที่ต่างกัน และจะสร้างแรงดันไฟฟ้า

$$\pi = \alpha T \quad (\text{สมการที่ 6})$$

|       |          |   |
|-------|----------|---|
| เมื่อ | $\alpha$ | คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของ Seebeck (0.053 V/K) ซึ่งเป็นปัจจัยของแรงดันไฟฟ้า และอุณหภูมิ |
|-------|----------|---|

ความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าในการเชื่อมต่อระหว่าง pellet คือ

$$U = \alpha \Delta T \quad (\text{สมการที่ 7})$$

1.5. ปรากฏการณ์ Thompson เป็นปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกส์เพิ่มเติม อธิบายโดยค่าสัมประสิทธิ์ของ Thompson พลังงานความร้อนที่เพลเทียร์ดูดซับ  $\tau = \frac{d\alpha}{dT}$  ( $V/K^2$ ) ผลกระทบของปรากฏการณ์นี้มีขนาดเล็กมาก ดังนั้นจึงถูกละทิ้งในงานนี้ จากสมการที่ 2, 4, 5 และ 6 เมื่อเพลเทียร์มีการดูดซับพลังงานความร้อนจากบริเวณรอบ ๆ เข้ามาในฝั่งของเพลเทียร์ (ด้านเย็น) จะทำให้อุณหภูมิต่ำลงซึ่งก็คืออุณหภูมิต่ำลงของเพลเทียร์ด้านเย็น ส่วนทางด้านคายพลังงานจะทำให้อุณหภูมิต่ำลงสูงขึ้นนั่นคืออุณหภูมิต่ำลงของเพลเทียร์ด้านร้อน และทำให้พลังงานเพลเทียร์ดูดซับหรือพลังงานเพลเทียร์ที่ปลดปล่อยเกิดปรากฏการณ์ระหว่างการทำงานคือ ปรากฏการณ์เพลเทียร์ การถ่ายเทความร้อน และความร้อนจูล ซึ่งทั้งหมดนี้คือพลังงานความร้อนที่มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ดังสมการที่ 8 และ 9

พลังงานความร้อนที่แผ่นเพลเทียร์ดูดซับ (ด้านเย็น) คือ

$$q_a = \alpha T_a I - \frac{T_e - T_a}{\theta} - \frac{I \cdot V}{2} \quad (\text{สมการที่ 8})$$

พลังงานความร้อนที่แผ่นเพลเทียร์ปลดปล่อย (ด้านร้อน) คือ

$$q_e = \alpha T_e I - \frac{T_e - T_a}{\theta} + \frac{I \cdot V}{2} \quad (\text{สมการที่ 9})$$

โดย  $T_a$  คือ อุณหภูมิของแผ่นเพลเทียร์ด้านเย็น (อุณหภูมิฝั่งน้ำเย็น) (K)  
 $T_e$  คือ อุณหภูมิของแผ่นเพลเทียร์ด้านร้อน (อุณหภูมิฝั่งน้ำร้อน) (K)

ปริมาณพลังงานความร้อนที่ของเหลวสามารถกักเก็บความร้อนขึ้นอยู่กับความจุความร้อนจำเพาะของของเหลว มวลของน้ำ และความต่างของอุณหภูมิเริ่มต้นและสุดท้าย ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการใช้น้ำเป็นในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับแผ่นเพลเทียร์ และมีตัวแปรของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องจึงทำให้ปริมาณพลังงานความร้อนมีหน่วยคือ จูล (J) เปลี่ยนเป็นอัตราความร้อนมีหน่วยคือวัตต์ (W) ได้ดังนี้

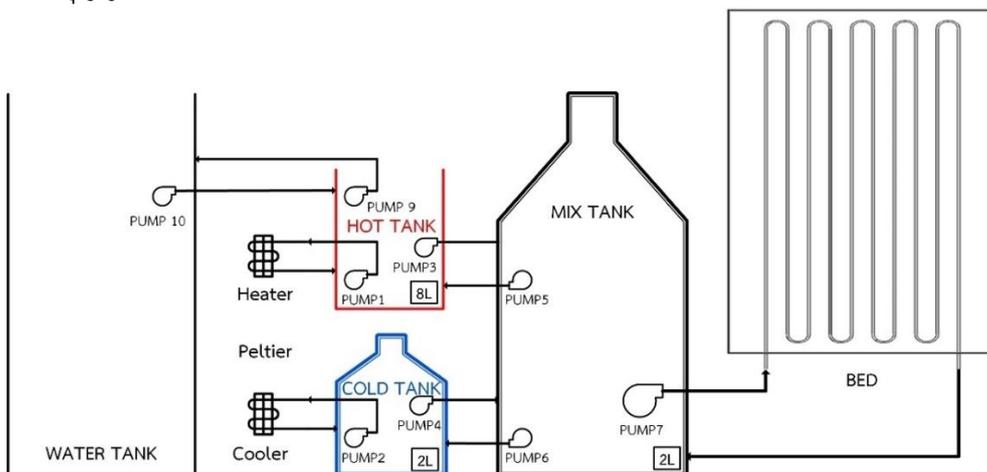
อัตราความร้อนที่ทำให้หน้าเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อเวลา

$$q = \frac{mc\Delta T}{\Delta t} \quad (\text{สมการที่ 10})$$

เมื่อ  $q$  คือ อัตราความร้อนที่ใช้ในการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ (W)  
 $m$  คือ มวลของน้ำ (kg)  
 $c$  คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (4,187 J/k·gK) [12]  
 $\Delta T$  คือ ความต่างระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นกับอุณหภูมิสุดท้าย  
 $\Delta t$  คือ ความต่างระหว่างเวลาเริ่มต้นกับเวลาสุดท้าย

## 2. ผลการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ

การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ ครั้งนี้ ได้ระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำ โดยใช้หลักการทำงานของเพลเทียร์เพื่อให้อุณหภูมิกับที่นอน มีการใช้ปั๊มทั้งหมด 9 ตัว ใช้เพลเทียร์ชนิด TEC12712 ตามจำนวน 2 แผ่น ใช้ถังน้ำขนาด 75 ลิตร และถังน้ำร้อนขนาด 10 ลิตร เปิดออกสู่อากาศ ในขณะที่ถังน้ำเย็น และถึงผสมใช้กระบอกสุญญากาศขนาด 2 ลิตร ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ

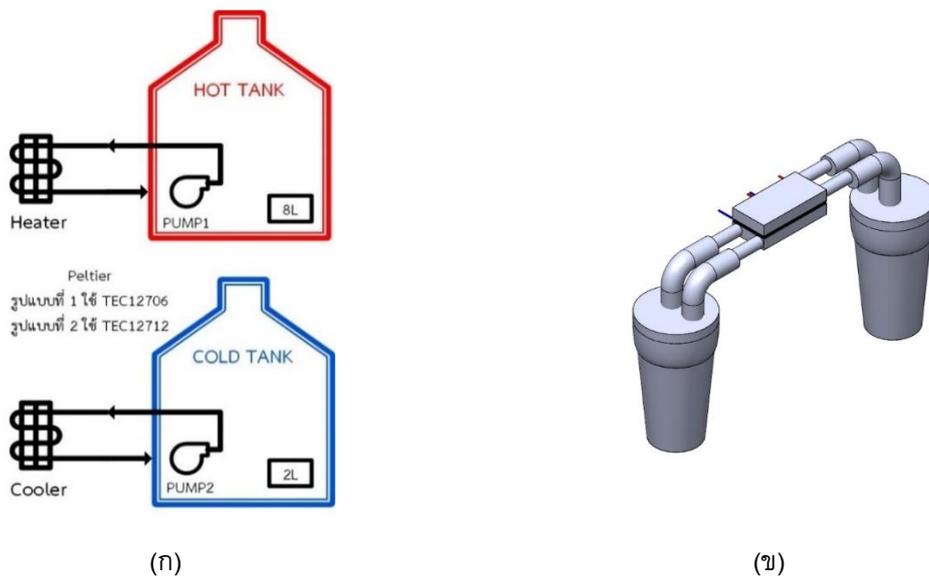
จากภาพที่ 1 เริ่มจากถังน้ำที่ใช้จ่ายน้ำให้กับถังน้ำร้อนด้วยปั๊มที่ 10 เมื่อน้ำในถังน้ำร้อนถึงระดับเซนเซอร์จะปิดปั๊มที่ 10 เพื่อหยุดการจ่ายน้ำจากถังน้ำสู่ถังน้ำร้อน แล้วเปิดปั๊มที่ 9 เพื่อระบายน้ำจากถังน้ำร้อนสู่ถังน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำล้นถัง เมื่อน้ำในถังน้ำร้อนเต็ม ปั๊มที่ 3 จะเปิดเพื่อจ่ายน้ำให้กับถังผสมให้เต็ม หากระดับน้ำถึงเซนเซอร์ ปิดปั๊มที่ 5 ระบายน้ำกลับสู่ถังน้ำร้อน จากนั้นเปิดปั๊ม 6 เพื่อจ่ายน้ำเข้าถังน้ำเย็น เมื่อระดับน้ำในถังน้ำเย็นถึงระดับเซนเซอร์ ปิดปั๊มที่ 6 แล้วเปิดปั๊มที่ 4 เพื่อจ่ายน้ำเข้าถังผสม เมื่อทั้งสามถังมีระดับน้ำคงที่พร้อมใช้งาน ทำการเปิดเพลเทียร์ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้เพลเทียร์รุ่น TEC12712 จำนวน 2 แผ่น เรียงต่อกัน กำหนดให้ด้านเย็นของแผ่นเพลเทียร์เชื่อมต่อกับปั๊มที่ 2 และด้านร้อนเชื่อมต่อกับปั๊มที่ 1 เพื่อเป็นการทำความเย็นให้น้ำในแต่ละถัง เมื่อทำอุณหภูมิในถังผสมได้ตามที่กำหนดแล้ว เปิดปั๊มที่ 7 จ่ายน้ำเข้าสู่ที่นอนเป็นขั้นตอนสุดท้ายของระบบ

### 3. ผลการทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ

ผลการทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมินี้ มี 4 รูปแบบ ได้แก่ 1. ผลการทดลองชนิดเพลเทียร์ที่เหมาะสมสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ (รูปแบบที่ 1) 2. ผลการทดลองพลังงานสะสมในน้ำและเพลเทียร์ (รูปแบบที่ 2) 3. ผลการทดลองความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้น ในการทำความเย็นให้กับที่นอน (รูปแบบที่ 3) และ 4. ผลการทดลองศึกษาความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้น ในการทำความร้อนให้กับที่นอน (รูปแบบที่ 4) ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีรายละเอียดตามรูปแบบการทดลอง ตามข้อ 3.1-3.4 ดังนี้

#### 3.1 ผลการทดลองชนิดเพลเทียร์ที่เหมาะสมสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ (รูปแบบที่ 1)

ผลการทดลองในรูปแบบที่ 1 พบว่า ชนิดเพลเทียร์ที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้กับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ ได้แก่ เพลเทียร์ชนิด TEC12712 เนื่องจากมีความสามารถในการทำอุณหภูมิในน้ำเย็นและน้ำร้อนได้ดี ซึ่งได้จากการทดลองเปรียบเทียบการใช้เพลเทียร์ 2 ชนิด ได้แก่ 1. TEC12706 และ 2. TEC12712 ว่าชนิดไหนมีความสามารถในการทำอุณหภูมิได้ดีกว่า หรือ ใช้เวลาทำอุณหภูมิได้เร็วที่สุดกับที่นอน เริ่มจากการทดลองจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเพลเทียร์และมีการแลกเปลี่ยนกับน้ำทั้งด้านร้อนและด้านเย็น แล้วดูการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำ โดยการทดลองรูปแบบที่ 1 นี้ มีการเปรียบเทียบผลการใช้เพลเทียร์ สองชนิด คือ TEC12706 และ TEC12712 ดังภาพที่ 2

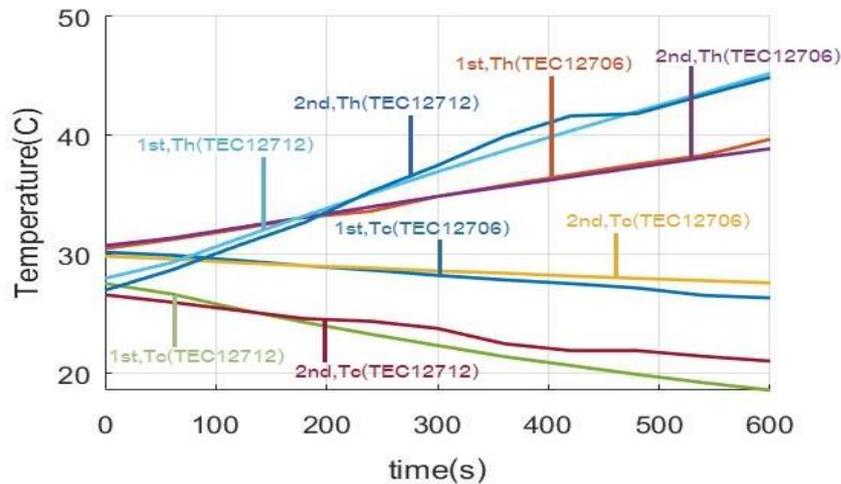


ภาพที่ 2 การทดลองรูปแบบที่ 1 (ก) แบบจำลองการทดลอง (ข) การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง

จากภาพที่ 2 (ก) เป็นการทดลองโดยใช้เพลเทียร์ 2 ชนิดคือ 1. TEC12706 และ 2. TEC12712 มีแก้วเก็บอุณหภูมิทั้งหมด 2 แก้ว แบ่งฝั่งแก้วด้านร้อน และด้านเย็น ใช้ปั๊ม 2 ตัว ในการแลกเปลี่ยนน้ำจากเพลเทียร์ โดยมีการวางแก้วและติดตั้งเพลเทียร์ดังภาพที่ 2 (ข) ทำการทดลองเป็นเวลา 10 นาที มีการเปลี่ยนปริมาณน้ำในแก้ว ซึ่งในแต่ละ

ชนิดเพลเทียร์ ทดลองทั้งหมด 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใช้น้ำด้านร้อน 0.9 ลิตร ด้านเย็น 0.5 ลิตร ครั้งที่ 2 ใช้น้ำด้านร้อน 0.9 ลิตร ด้านเย็น 0.9 ลิตร ทั้งนี้ในการทดลองที่ 1 และ 2 นั้น เป็นการทดลองลักษณะการทำงานของเพลเทียร์ทั้งสองชนิด เพื่อนำมาใช้ทดลองต่อไป

โดยการทดลองรูปแบบที่ 1 พบว่าเพลเทียร์ TEC12712 สามารถทำอุณหภูมิได้สูงในน้ำร้อนและต่ำกว่าในน้ำเย็นเมื่อเทียบกับเพลเทียร์ TEC12706 ดังภาพที่ 3 ซึ่ง Th คือ อุณหภูมิน้ำร้อน Tc คือ อุณหภูมิน้ำเย็น

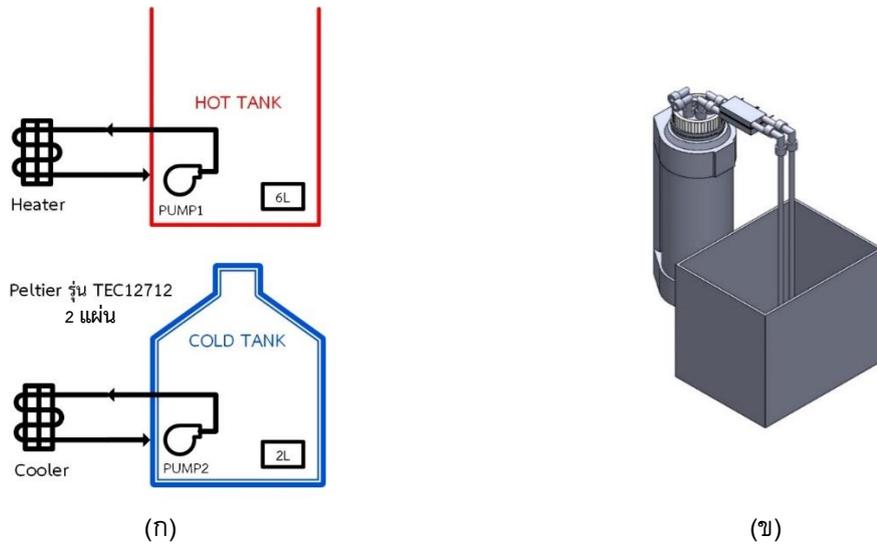


ภาพที่ 3 อุณหภูมิน้ำในการทดลองรูปแบบที่ 1

จากภาพที่ 3 ในเวลา 600 วินาที อุณหภูมิที่เพลเทียร์ TEC12706 ทำความร้อนสูงสุดให้กับน้ำในแต่ละครั้งคือ 39.6 และ 38.8 °C ตามลำดับ อุณหภูมิที่เพลเทียร์ TEC12706 ทำความเย็นต่ำสุดให้กับน้ำในแต่ละครั้งคือ 26.3 และ 27.6 °C ตามลำดับ อุณหภูมิที่เพลเทียร์ TEC12712 ทำความร้อนสูงสุดให้กับน้ำในแต่ละครั้งคือ 45.3 และ 44.8 °C ตามลำดับ อุณหภูมิที่เพลเทียร์ TEC12712 ทำความเย็นต่ำสุดให้กับน้ำในแต่ละครั้งคือ 18.56 และ 21.0 °C ตามลำดับ จากข้อมูลที่ได้นี้ สรุปได้ว่า การทดลองรูปแบบที่ 1 ความสามารถในการทำอุณหภูมิในน้ำเย็นและน้ำร้อนของเพลเทียร์ TEC12712 ดีกว่าเพลเทียร์ชนิด TEC12706 ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้เพลเทียร์ชนิด TEC12712 สำหรับการพัฒนา ระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำ โดยนำไปใช้ในการทดลองรูปแบบที่ 2-4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทดลองระบบควบคุม อุณหภูมิสำหรับที่นอนต่อไป

### 3.2 ผลการทดลองพลังงานสะสมในน้ำและเพลเทียร์ (รูปแบบที่ 2)

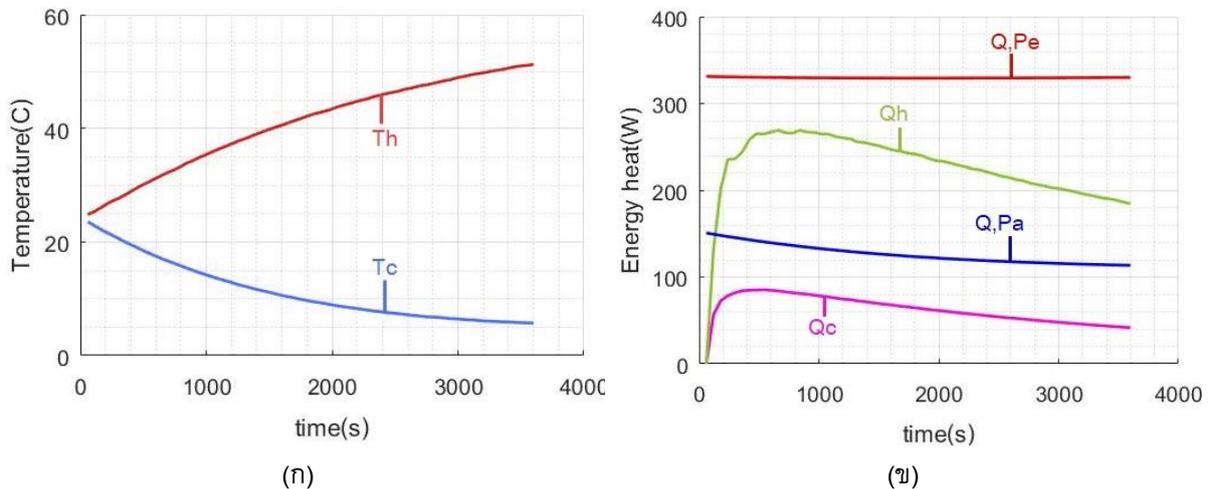
ผลการทดลองในรูปแบบที่ 2 พบว่า หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูล (เพลเทียร์) ตามทฤษฎี สอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ ทั้งนี้ เพลเทียร์สามารถปลดปล่อยและดูดซับพลังงานได้สอดคล้องกับพลังงานที่ เปลี่ยนแปลงในน้ำทั้งด้านร้อนและด้านเย็น ในการทดลองมีการใช้สมการที่ 8, 9, และ 10 ตามทฤษฎีหลักการทำงานของ เทอร์โมอิเล็กทริกส์โมดูลมาคำนวณศึกษาพลังงานสะสมในเพลเทียร์และในน้ำ โดยใช้เพลเทียร์ TEC12712 จำนวน 2 แผ่น ในการทดลองนี้ ได้มีการเพิ่มกระแสไฟที่จ่ายเข้าเพลเทียร์โดยการต่อวงจรแบบขนาน ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การทดลองรูปแบบที่ 2 (ก) แบบจำลองการทดลอง (ข) การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง

จากภาพที่ 4 แสดงการทดลองจ่ายแรงดันไฟฟ้า 11.7 โวลต์ และกระแสไฟฟ้า 7.67 แอมแปร์ ให้กับเพลเทียร์ มีการใช้น้ำร้อนปริมาณ 6 ลิตรเป็นแบบไม่หุ้มฉนวน และถึงน้ำเย็นปริมาณ 2 ลิตรเป็นแบบหุ้มฉนวน โดยมีการทดลองให้ระบบทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ ดังภาพที่ 4 (ข)

โดยในภาพที่ 4 (ข) น้ำร้อนเป็นแบบเปิดเพื่อระบายอากาศสู่ภายนอก น้ำเย็นเป็นแบบกันอุณหภูมิถ่ายเทเพื่อเก็บความเย็นไว้ ซึ่งมีผลการทดลองดังภาพที่ 5 (ก) และ 4 (ข) โดยที่  $T_h$  คือ อุณหภูมิน้ำร้อน ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_c$  คือ อุณหภูมิน้ำเย็น ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $Q_h$  คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่น้ำร้อนได้รับ (W),  $Q_c$  คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ถูกดึงออกจากน้ำเย็น (W),  $Q_{Pe}$  คือ พลังงานความร้อนที่เพลเทียร์ปลดปล่อย (W),  $Q_{Pa}$  คือ พลังงานความร้อนที่เพลเทียร์ดูดซับ (W)



ภาพที่ 5 ผลการทดลอง (ก) อุณหภูมิในน้ำของการทดลอง (ข) พลังงานความร้อนในน้ำและพลังงานเพลเทียร์จากการคำนวณ

จากภาพที่ 5 (ก) แสดงให้เห็นได้ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและลดลงนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง จนมีอุณหภูมิความร้อนสูงสุด 51 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิน้ำเย็นต่ำสุด 5 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 60 นาที ซึ่งน้ำของทั้งสองฝั่งเริ่มต้นที่ 24 องศาเซลเซียสเท่ากัน

จากภาพที่ 5 (ข) เป็นการคำนวณโดยใช้สมการของเพลเทียร์ด้านดูดซับ (8) และด้านปลดปล่อย (9) สมการพลังงานความร้อนในน้ำ (10) คำนวณผ่านโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นบน Matlab จากสมการข้างต้นได้มีการแสดงค่าการคำนวณในหน้าที่ที่ 20, 40, และ 60 โดยค่าที่ใช้ในการคำนวณ คือ

เวลาที่ 20 นาที  $T_o = 310.25 \text{ K}$ ,  $T_a = 285.88 \text{ K}$ ,  $I = 15.34 \text{ A}$ ,  $V = 11.7 \text{ V}$ ,  $mc = 2 \text{ kg}$ ,  $mh = 6 \text{ kg}$

เวลาที่ 40 นาที  $T_o = 318.94 \text{ K}$ ,  $T_a = 280.69 \text{ K}$ ,  $I = 15.34 \text{ A}$ ,  $V = 11.7 \text{ V}$ ,  $mc = 2 \text{ kg}$ ,  $mh = 6 \text{ kg}$

เวลาที่ 60 นาที  $T_o = 324.25 \text{ K}$ ,  $T_a = 278.69 \text{ K}$ ,  $I = 15.34 \text{ A}$ ,  $V = 11.7 \text{ V}$ ,  $mc = 2 \text{ kg}$ ,  $mh = 6 \text{ kg}$

เมื่อแทนค่าแล้วจะได้ผลดังนี้

เวลาที่ 20 นาที  $Q_h = 260.43 \text{ W}$ ,  $Q_c = 74.53 \text{ W}$ ,  $Q_{,Pe} = 329.48 \text{ W}$ ,  $Q_{,Ph} = 130.19 \text{ W}$

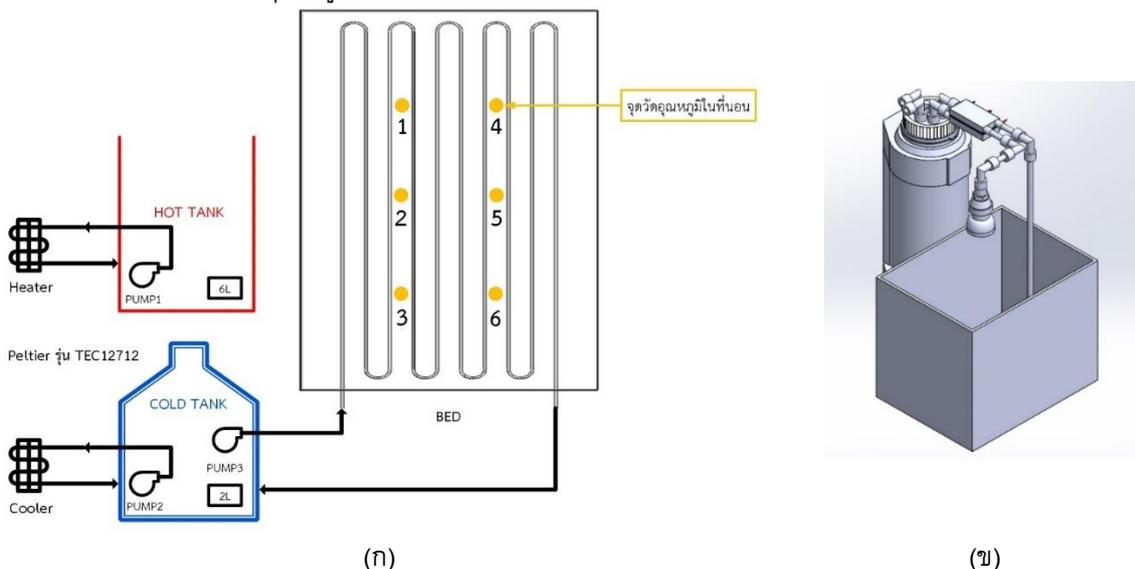
เวลาที่ 40 นาที  $Q_h = 221.18 \text{ W}$ ,  $Q_c = 55.37 \text{ W}$ ,  $Q_{,Pe} = 329.43 \text{ W}$ ,  $Q_{,Ph} = 118.85 \text{ W}$

เวลาที่ 60 นาที  $Q_h = 184.50 \text{ W}$ ,  $Q_c = 41.57 \text{ W}$ ,  $Q_{,Pe} = 329.99 \text{ W}$ ,  $Q_{,Ph} = 113.48 \text{ W}$

จากกราฟภาพที่ 5(ข) แสดงให้เห็นว่า พลังงานที่ดูดซับและปลดปล่อยของเพลเทียร์เปลี่ยนแปลงไม่มาก เมื่อเวลาผ่านไปพลังงานที่ดูดซับและปลดปล่อยของเพลเทียร์จะลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของกราฟที่แสดงค่าพลังงานที่ดูดซับของเพลเทียร์จะมีค่าลดลง พลังงานความร้อนทั้งฝั่งของน้ำร้อนและน้ำเย็นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาเริ่มต้นของการทดลอง จนถึงเวลา 10 นาที แล้วจากนั้นกราฟทั้งสองมีแนวโน้มลดลง พลังงานที่เพลเทียร์ปลดปล่อยและดูดซับมีความสอดคล้องกับพลังงานที่เปลี่ยนแปลงในน้ำทั้งด้านร้อนและด้านเย็น โดยพลังงานสะสมที่เปลี่ยนแปลงในน้ำจะมีค่าน้อยกว่าพลังงานที่คำนวณจากเพลเทียร์ เนื่องจากประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์ รวมถึงมีความร้อนถ่ายเทออกสู่ภายนอกระบบ ทั้งนี้ถึงน้ำร้อนไม่ได้มีการหุ้มฉนวนเพื่อต้องการให้มีการถ่ายเทความร้อนออกสู่บรรยากาศบางส่วนเพื่อให้อุณหภูมิน้ำด้านร้อนไม่สูงมาก ส่วนถึงน้ำเย็นมีการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ถึงน้ำเย็นเพื่อให้มีอุณหภูมิที่ต่ำ

### 3.3 ผลการทดลองความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้นในการทำความเย็นให้กับที่นอน (รูปแบบที่ 3)

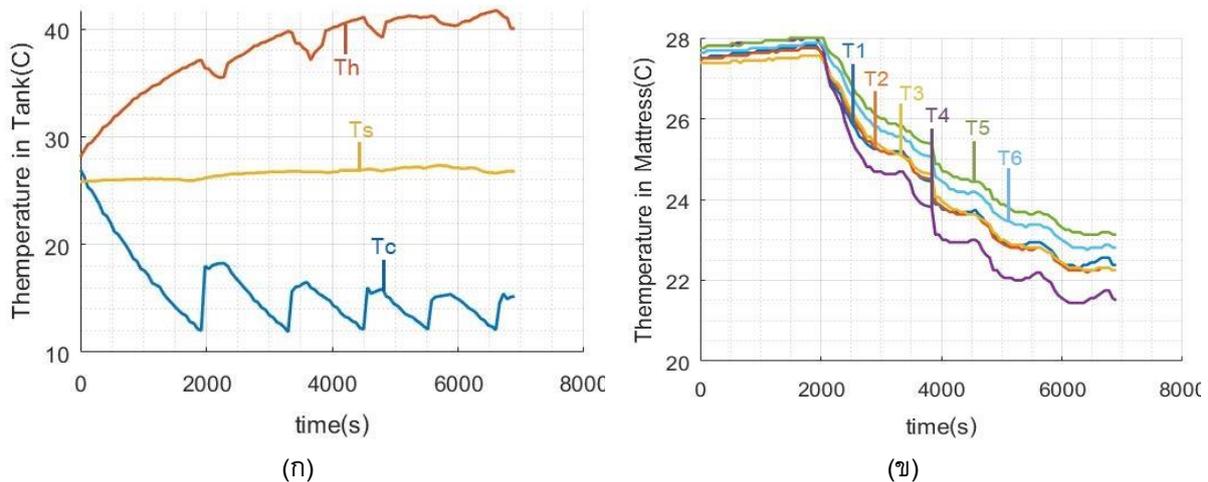
ผลการทดลองในรูปแบบที่ 3 พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำความเย็นให้กับที่นอนได้ ทั้งนี้ ในการทดลองรูปแบบที่ 3 ทำให้ทราบว่าเมื่อทำอุณหภูมิให้กับน้ำแล้วจ่ายเข้ากับที่นอน แนวนอนของอุณหภูมิจะไปในทิศทางใด มีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยอย่างไร ซึ่งมีวิธีการทดลองคือ ทดลองจ่ายน้ำจากถังน้ำด้านเย็นเข้าสู่ที่นอน ดังภาพที่ 6 โดยใช้เพลเทียร์ชนิด TEC12712 ในการทำอุณหภูมิ และมีหลักการในการควบคุมอุณหภูมิคือ เมื่อเพลเทียร์ด้านเย็นทำอุณหภูมิถึง  $12 \text{ }^{\circ}\text{C}$  แล้วหลังจากนั้นจ่ายน้ำเย็นเข้าที่นอนเป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบ 5 นาที ทำการเปิดการทำงานของเพลเทียร์ต่อเพื่อให้มีอุณหภูมิ  $12 \text{ }^{\circ}\text{C}$  และทำลักษณะนี้เป็นจำนวน 5 ครั้ง



ภาพที่ 6 การทดลองรูปแบบที่ 3 (ก) แบบจำลองการทดลอง (ข) การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง

จากภาพที่ 6 (ก) ด้านที่นอนทำการติดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิจำนวน 6 จุด เพื่อวัดค่าอุณหภูมิในที่นอนเมื่อจ่ายน้ำให้กับที่นอน ด้านที่นอนมีขนาด 3.5 ฟุต ประกอบไปด้วย 5 ชั้นคือ 1) ฟองน้ำอัดแข็ง 2) ฉนวนบีบเบิ้ล 3) ฟองน้ำวิทยาศาสตร์หนา 1 เซนติเมตร 4) ท่อน้ำ และ 5) ฟองน้ำวิทยาศาสตร์หนา 2.54 เซนติเมตร

จากภาพที่ 6 (ข) มีการใช้วัสดุใส่น้ำด้านเย็นเป็นกระบอกสุญญากาศขนาด 4 ลิตร ใช้น้ำ 2 ลิตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บความเย็นให้ดียิ่งขึ้น ด้านน้ำร้อนมีปริมาณน้ำ 6 ลิตร ใช้ฝักบัวขนาดเล็กช่วยเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับอากาศของน้ำที่ออกจากเพลเทียร์ด้านร้อน ได้ผลอุณหภูมิในน้ำดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลการทดลองรูปแบบที่ 3 (ก) อุณหภูมิในน้ำและอากาศ และ (ข) อุณหภูมิในที่นอน

จากภาพที่ 7 (ก) ค่าอุณหภูมิที่บันทึกได้จะเห็นว่าการทำงานในการเปิดปั๊มน้ำเข้าที่นอนจำนวน 5 ครั้ง ใช้เวลา 6,960 วินาที พบว่าเมื่อปิดการทำงานของเพลเทียร์ที่เวลา 300 วินาที ด้านร้อนมีอุณหภูมิลดลงประมาณ 2 องศาเซลเซียส ในทุกครั้งที่มีการปิดการทำงานของเพลเทียร์ เนื่องจากเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายนอก อุณหภูมิด้านเย็นแต่ละครั้งมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 6, 5, 4 4 และ 3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่เพิ่มขึ้นในครั้งแรกมีค่ามากกว่า เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนกับที่นอน และในครั้งต่อไปมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากอุณหภูมิภายในเตียงลดลงจากการเปิดปั๊มเข้าที่นอนในครั้งก่อน

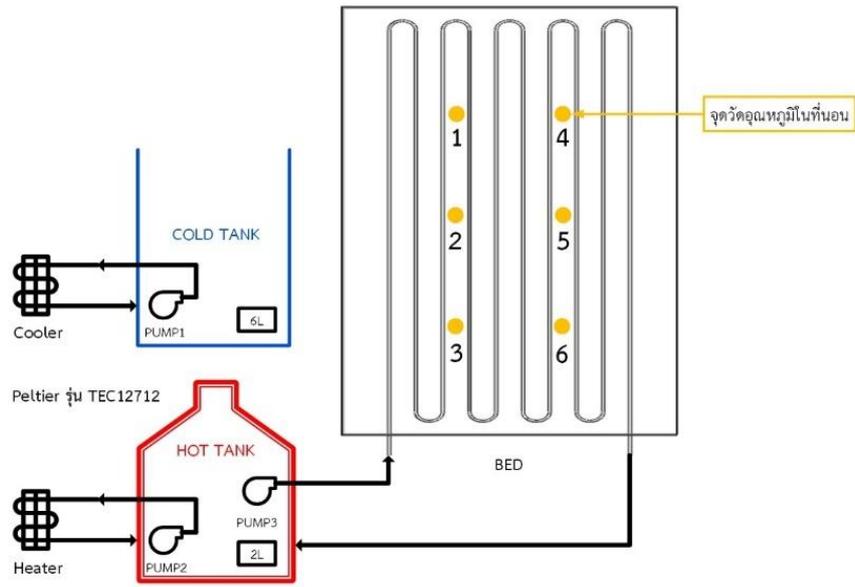
จากภาพที่ 7 (ข) เป็นรูปอุณหภูมิภายในที่นอนของแต่ละจุด ซึ่งจุดที่ต่ำที่สุดคือจุดที่ 4 และมากที่สุดคือจุดที่ 5 จากกราฟจะแสดงถึงอุณหภูมิที่คงที่ในช่วงเวลาที่ 0 ถึง 2,220 วินาที ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ให้เพลเทียร์ทำงานจนอุณหภูมิน้ำเย็นลดลงถึง 12 องศาเซลเซียส และเปิดปั๊มให้กับที่นอน และช่วงเวลา 2,220 – 2,760 วินาที เป็นช่วงที่อุณหภูมิในที่นอนมีค่าลดลง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ที่นอนแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็นภายในท่อ ซึ่งเป็นเวลา 540 วินาที จากการเปิดปั๊ม 300 วินาที ซึ่งจากภาพที่ 7 (ข) ปิดปั๊มน้ำเข้าที่นอนตั้งแต่วันที่ 2,340 จะเห็นว่าอุณหภูมิภายในที่นอนลดลงจากอุณหภูมิของน้ำที่อยู่ในที่นอน และเริ่มคงที่ในช่วงเวลาที่ 2,760 – 3,360 วินาที เป็นเวลา 600 วินาที ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ปิดปั๊มน้ำเข้าที่นอนจนกระทั่งเปิดปั๊มอีกครั้งอุณหภูมิถึงจะลดลง และมีรูปแบบเดิมในอีก 4 ครั้ง

ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าอุณหภูมิภายในที่นอนยังสามารถลดลงได้อีกหากทำการทดลองเพิ่มเติมแต่จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่มากนัก

### 3.4 ผลการทดลองความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้น ในการทำความร้อนให้กับที่นอน (รูปแบบที่ 4)

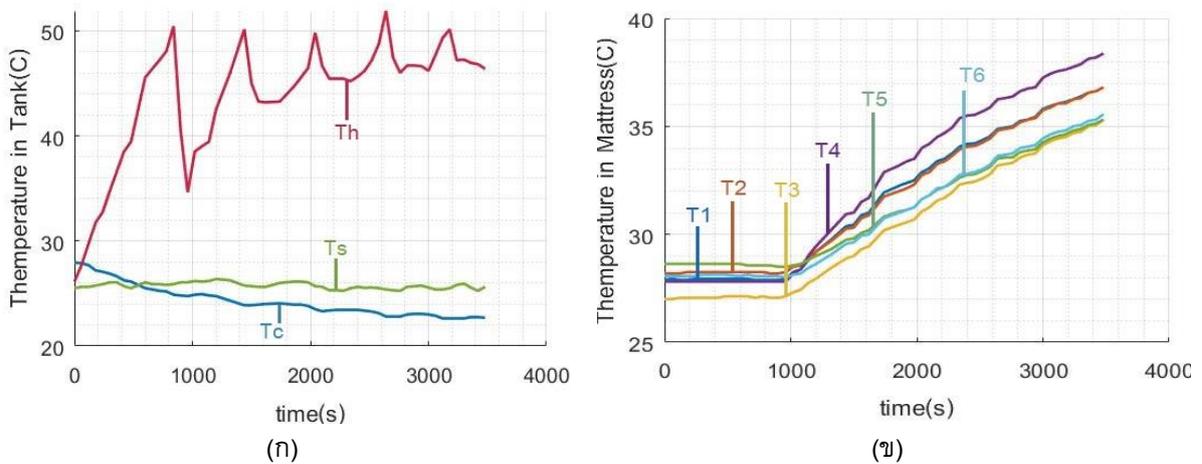
ผลการทดลองในรูปแบบที่ 4 พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำความร้อนให้กับที่นอนได้ โดยในการทดลองรูปแบบที่ 4 เป็นการทดลองต่อเนื่องจากการทำความเย็นให้กับที่นอน แต่ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองจ่ายน้ำร้อนให้กับที่นอนเพื่อทราบถึงความสามารถในการทำความร้อน โดยใช้ปริมาณน้ำร้อน 2 ลิตร และใช้ปริมาณน้ำเย็น 6 ลิตร โดยมีหลักการในการควบคุมอุณหภูมิคือ เมื่อเพลเทียร์ด้านร้อนทำอุณหภูมิถึง 50 °C แล้วหลังจากนั้นจ่ายน้ำร้อนเข้าที่นอน

เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบ 5 นาที ทำการเปิดการทำงานของเพลทเทียร์ต่อเพื่อให้น้ำร้อนมีอุณหภูมิ 50 °C และทำลักษณะนี้เป็นจำนวน 5 ครั้ง ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แบบจำลองการทดลองรูปแบบที่ 4

จากภาพที่ 8 ทำการสลับด้านเพลทเทียร์ ด้านร้อนอยู่ในถึงสญญากาศ ส่วนน้ำเย็นสลับเป็นถึงเปิดสู่อากาศ ปริมาณน้ำยังคงเดิม ได้ผลอุณหภูมิในน้ำดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ผลการทดลองรูปแบบที่ 4 (ก) อุณหภูมิในน้ำและอากาศ และ (ข) อุณหภูมิในที่นอน

จากภาพที่ 9 (ก) ของการทดลองรูปแบบที่ 4 จะเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำร้อนที่อยู่ในถึงน้ำ เก็บอุณหภูมิอย่างชัดเจน และอุณหภูมิของน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศภายนอก เนื่องจากน้ำมีปริมาณมากขึ้นเป็น 6 ลิตร และมีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิของน้ำร้อนนั้นมีอุณหภูมิลดลงเมื่อเปิดการทำงานของเพลทเทียร์มีอุณหภูมิลดลง 15, 6, 5, 5 และ 4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิน้ำเย็นมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมากเกือบจะคงที่ และมีค่าลดลงน้อยมากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิเริ่มต้น ซึ่งลดลงจากอุณหภูมิเริ่มเพียง 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำร้อนนั้นมีอุณหภูมิสูงจากเริ่มต้น 20 องศาเซลเซียส

#### 4. การพัฒนาต้นแบบที่นอนควบคุมอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 10 ดังนี้



ภาพที่ 10 ต้นแบบที่นอนควบคุมอุณหภูมิ

จากภาพที่ 10 แสดงต้นแบบ (prototype) ที่นอนควบคุมอุณหภูมิที่ทางผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีระบบควบคุมอุณหภูมิอยู่ภายในกล่องสีขาว ซึ่งประกอบด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ถึงบรรจุน้ำร้อน น้ำเย็น และ แผ่นเพลเทียร์ชนิด TEC12712 โดยน้ำเย็นหรือน้ำร้อนที่ผลิตได้จะถูกส่งเข้าออกผ่านท่อสู่ส่วนของที่นอนซึ่งภายในจะมีท่อน้ำเป็นขดตามภาพที่ 1 ที่แสดงไว้ข้างต้น โดยบริเวณที่นอนจะมีการประกอบด้วยฟองน้ำหลายชั้น และมีการติดตั้งเซอร์อุณหภูมิเพื่อส่งข้อมูลกลับให้กับระบบควบคุมน้ำ โดยจากผลการพัฒนาและทดสอบพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมอุณหภูมิให้กับที่นอนทั้งสภาวะการทำความร้อนให้กับที่นอน และการทำความเย็นให้กับที่นอนได้ ต้นแบบที่นอนควบคุมอุณหภูมิที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบสำเร็จรูป ที่ผู้สูงอายุหรือญาติผู้ดูแลสามารถใช้งานได้เอง แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำไปใช้เพื่อสร้างสภาวะอุณหภูมิในรูปแบบต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับการนอนหลับในผู้สูงอายุต่อไป

#### สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่า ระบบควบคุมอุณหภูมิสำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิ โดยการทำงานของเพลเทียร์นั้น ส่วนที่ส่งผลต่อพลังงานที่ปลดปล่อยและดูดซับของเพลเทียร์ขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าและความดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเพลเทียร์ มากกว่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเมื่อเพลเทียร์ทำงาน และพลังงานของเพลเทียร์ที่ปลดปล่อยนั้นจะมีค่าสูงกว่าพลังงานของเพลเทียร์ที่ดูดซับเนื่องจากเกิดความร้อนจากพลังงานความร้อนจูลที่เพิ่มพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยของเพลเทียร์ และได้ลดค่าพลังงานความร้อนที่ดูดซับของเพลเทียร์ ซึ่งการทดลองที่ผ่านมาได้ทราบถึงการให้พลังงานไฟฟ้าแก่เพลเทียร์เมื่อมีค่าสูงขึ้น จะทำให้เพลเทียร์ปลดปล่อยและดูดซับความร้อนได้มากขึ้น ดังนั้น เมื่อเปลี่ยนรุ่นชนิดของเพลเทียร์ ทำให้การทำความร้อนและความเย็นให้กับน้ำมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นในน้ำร้อนและลดลงในน้ำเย็น เมื่อน้ำร้อนมีปริมาณสูงกว่าน้ำเย็นจะทำให้น้ำเย็นมีอุณหภูมิลดลงรวดเร็วและต่ำได้ถึง 6 องศาเซลเซียส ได้ใน 1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการทดลองที่ใช้ น้ำร้อน 6 ลิตร น้ำเย็น 2 ลิตร ซึ่งมีความต่าง 3 เท่า หากจะทำความเย็นให้กับระบบควบคุมอุณหภูมิในที่นอน จะต้องมีความร้อนของน้ำร้อนที่มากกว่าน้ำเย็นและมีการระบายความร้อนของน้ำร้อนได้ดีจากการทดลองที่เพิ่มการระบายความร้อนของน้ำโดยตรงกับอากาศด้วยฝักบัว ซึ่งถือว่าเป็นการระบายความร้อนให้กับเพลเทียร์ เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำเย็นให้เร็วที่สุด โดยการทดลองทั้งหมดได้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนระหว่างอุณหภูมิแวดล้อมซึ่งประมาณว่าเกิดการสูญเสียที่ถังพลาสติกแบบเปิดที่สร้างการระบายอากาศให้กับน้ำร้อนและการระบายอากาศระหว่างน้ำกับอากาศแวดล้อมจากการเพิ่มการระบายความร้อนของน้ำกับอากาศด้วยฝักบัว การสูญเสียพลังงานความร้อนให้กับวัสดุในถังเก็บอุณหภูมิน้ำเย็น ความร้อนที่เกิดจากปั้มน้ำและการสูญเสียระหว่างท่อกับอากาศแวดล้อมซึ่งไม่สามารถคำนวณได้เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ

สำหรับการทำความเย็นและความร้อนให้กับที่นอนสามารถสรุปได้ว่า หากทำความเย็นให้กับที่นอนควรเพิ่มปริมาณของน้ำร้อนให้มีค่าสูงกว่าปริมาณของน้ำเย็นให้มากที่สุด และเมื่อทำความร้อนให้กับที่นอนควรลดปริมาณน้ำร้อนลง ซึ่งจากการทดลองแล้วน้ำร้อนนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแม้จะมีปริมาณที่มากกว่าน้ำเย็น 3 เท่า ซึ่งมีอุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อทำการจ่ายน้ำเข้าที่นอนแล้วจะพบว่าอุณหภูมิภายในที่นอนนั้นเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิน้ำที่จ่ายเข้าสู่ที่นอน

**โดยสรุป** จากผลการทดลองทั้งหมดข้างต้น แสดงให้เห็นว่าสามารถนำระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำที่พัฒนาขึ้นไปใช้สำหรับที่นอนควบคุมอุณหภูมิได้ อย่างไรก็ตามการทดลองยังมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพการระบายความร้อนออกจากระบบ เพราะเป็นการทดลองในห้องซึ่งเป็นระบบปิด โดยเสนอแนะให้มีการพัฒนารูปแบบการทดลองอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น เปลี่ยนรูปแบบการวางแท่งค้ำน้ำ (tank) ไว้ด้านนอกอาคาร หรือเปลี่ยนด้าน tank ให้เป็นการทำงานในรูปแบบการระบายความร้อนโดยใช้แผงรังผึ้ง (radiator) เมื่อพัฒนารูปแบบการทดลองแล้วอาจจะพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของเพลเทียร์ให้เป็นรูปแบบของระบบควบคุมอุณหภูมิในที่นอนที่สามารถทำงานอัตโนมัติและทำอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ ทั้งนี้ การวิจัยในระยะต่อไป ผู้วิจัยจะนำต้นแบบที่นอนควบคุมอุณหภูมิที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับผู้สูงอายุเพื่อคุณภาพการนอนหลับต่อไป โดยก่อนนำไปทดลองใช้ ผู้วิจัยจะทำการยื่นเสนอเพื่อพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ ต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) ประจำปีงบประมาณ 2563 จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Thongcharoen, W. (2015). *Art and Science of Gerontological Nursing* (2nd ed.). Bangkok: N. P. Press Limited.
- [2] Pankong, O. (2010). *Gerontological Nursing*. Bangkok: Tanapress Printing.
- [3] Nansupawat, W. (2009). *Gerontological Nursing: The Challenges of an Aging Society*. Khon Kaen: Khon Kaen Printing.
- [4] Arayasinlapathon, N., Somkumlug, P., Seelawu, J., and Phoonbunerb, J. (2017). Factors Affecting Sleep Quality among Nursing Students in One College of Nursing. *Journal of Phrapokkiao Nursing College*, 28(1), 38-50.
- [5] Chinvararak, C., Tangwongcha, S., and Dumrongpiwat, N. (2018). Sleep Quality and Its Associated Factors in the Elderly at Pracha Niwet Village. *Journal of Psychiatric Association of Thailand*, 63(2), 199-210.
- [6] Patricia Gonce Morton. (1993). *Health assessment in nursing* (2nd ed.). St. Louis: Spring House.
- [7] Daillygizmo. (2021). *Sleep Number Smart Bed*. Retrieved August 30, 2022, from <https://today.line.me/th/v2/article/vjNvrQ>
- [8] Thanased, W., Cheanjanyakul, A., Thongbumpen, U., Sanwarangoon, R., and Kureungrutsamee, J. (2015). The Effects of Using Innovative Cold Pack Blanket to Reduce Body Temperature in Brain & Neurosurg Patients with Hyperthermia. *Journal of Boromarajonani College of Nursing, Bangkok*, 31(1), 70-81.

- [9] Prapainop, R. (2013). Guidelines for selecting alternative refrigerants. *Research and Development Journal*, 24(2), 22-28.
- [10] Lineykin, S., and Ben-Yaakov, S. (2007). Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 43(2), 505-512. Retrieved April 20, 2021, from <http://edge.rit.edu/edge/P11462/public/Battery%20Chargers/TEG%20PSPICE.pdf>
- [11] Kubov, V., and Dymyrov, Y. Y. (2017). *Simple method of thermoelectric cooler (Peltier device) parameters determination based on datasheet and modeling results*. Retrieved April 20, 2021, from [https://www.researchgate.net/publication/316658067\\_Simple\\_method\\_of\\_thermoelectric\\_cooler\\_Peltier\\_device\\_parameters\\_determination\\_based\\_on\\_datasheet\\_and\\_modeling\\_results](https://www.researchgate.net/publication/316658067_Simple_method_of_thermoelectric_cooler_Peltier_device_parameters_determination_based_on_datasheet_and_modeling_results)
- [12] Incropera, P. F., Dewitt, P. D., Bergman, L. T., and Lavine, S. A. (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer* (6th ed.). Hoboken, NJ.: John Wiley & Sons. Retrieved April 20, 2021, from <https://hyominsite.files.wordpress.com/2015/03/fundamentals-of-heat-and-mass-transfer-6th-edition.pdf>