

การศึกษาเชิงทดลองการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก
โดยใช้ท่อความร้อน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การศึกษาเชิงทดลองการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก
โดยใช้ท่อความร้อน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER USING HEAT PIPE
ASSISTED THERMOELECTRIC



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง การศึกษาเชิงทดลองการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก
โดยใช้ท่อความร้อน
โดย นายสหัสระ ทองประสาน
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.บุญชัย โชติวิริยาณิชย์
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ
(อ.บุญชัย โชติวิริยาณิชย์)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์)

.....กรรมการ
(ดร.ณัฐนนท์ ไพบูลย์ศิลป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การศึกษาเชิงทดลองการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยใช้ท่อความร้อน
โดย	นายสทวิชระ ทองประสาน
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.บุญชัย โชติวิริยวานิชย์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดอุณหภูมิของน้ำในระบบการทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยใช้ท่อความร้อนเป็นตัวระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากระบบ ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่สำคัญต่อระบบการทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก ประกอบไปด้วยแรงดันไฟฟ้าและความเร็วลม ซึ่งทำการทดลองโดยแบ่งเป็น 2 ระบบคือ ระบบน้ำไหลเวียนเพื่อศึกษาการทำความเย็นระบบปิดและระบบน้ำไหลผ่านเพื่อศึกษาระบบระบายความร้อน ทำการวัดอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนไป เมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V ที่ความเร็วลม 0.5 m/s และเทียบกับความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s ที่ 12 V จากผลการทดลองของระบบน้ำไหลเวียนพบว่าปรับค่าแรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V ที่ความเร็วลม 0.5 m/s เมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที อุณหภูมิน้ำที่วัดได้คือ 18 22 และ 26 °C ตามลำดับ แต่เมื่อปรับค่าความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s ที่แรงดันไฟฟ้า 12 V อุณหภูมิน้ำที่วัดได้คือ 18 26 และ 32 °C ตามลำดับ แต่ที่ความเร็วลม 0.3 m/s ไม่สามารถระบายความร้อนที่เกิดจากเทอร์โมอิเล็กทริก ส่งผลให้ไม่สามารถทำความเย็นในระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกได้ ส่วนระบบน้ำไหลผ่านเมื่อปรับค่าแรงดันไฟฟ้าพบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 1.0 0.4 และ 0.2 °C ตามลำดับ และเมื่อปรับค่าความเร็วลมพบว่าผลต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 1.0 0.2 และ -0.2 °C ตามลำดับ เนื่องจากผลต่างของอุณหภูมิมียค่าต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่สามารถศึกษาได้เพียงแนวโน้มของผลต่างของอุณหภูมิในระบบน้ำไหลผ่าน จึงสรุปได้ว่าความเร็วลม 0.5 m/s ที่แรงดันไฟฟ้า 12 V สามารถลดอุณหภูมิของน้ำได้ต่ำสุดเท่ากับ 18 °C จากอุณหภูมิเริ่มต้น 30 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Experimental investigation of heat transfer using Heat Pipe assisted Thermoelectric
By	Mr. Sahawatchara Thongprasan
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2017
Advisor	Boonchai Chotiviriyavanich

ABSTRACT

The objective of this project studied the effect of decreasing of temperature in the thermoelectric cooler system using heat pipe as a cooling from the system. The importance parameters consist of voltage and air velocities. Then, divided into 2 systems in this experiment, circulation and flowthrough for measure temperature of water. When compared with voltage 6, 9 and 12 V at air velocities 0.5 m/s and adjust air velocities 0.3 0.4 and 0.5 m/s at 12 V. The results from this experiment found that the circulation system by adjusting voltage 6 9 and 12 V at velocities 0.5 m/s for 60 minutes. So, this study was obtained temperature at 18, 22, and 26 °C, respectively and adjust air velocities 0.3, 0.4, and 0.5 m/s at voltage 12 V which was obtained temperature at 18, 26, and 32 °C, respectively. but air velocities at 0.3 m/s can't cooling from thermoelectric cooler system. So, this study found that this system can't cooling in the thermoelectric and the flowthrough by adjusting voltage found that temperature difference at 1.0, 0.4, and 0.2 °C, respectively and adjust air velocities found that temperature at 1.0, 0.2, and -0.2 °C, respectively. Because of the slightly temperature difference, this study just tend of temperature difference in the flowthrough. So, this study concluded the parameter effect to decrease temperature of water is air velocities at 0.5 m/s for voltage of 12 V could decrease temperature of water from initial temperature 30 °C to 18 °C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี โดยการประสิทธิ์วิชาจาก อ.บุญชัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากอาจารย์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนพี่น้อง ในสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำ ให้ความอบอุ่นที่ดีต่อกันเสมอมา สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีคุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สทวิชระ ทองประสาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีโมอิลีกทริก.....	3
2.1.1 ปรากฏการณ์ทฤษฎีโมอิลีกทริก.....	3
2.1.2 หลักการทำงานทฤษฎีโมอิลีกทริก.....	7
2.2 ท่อความร้อน.....	9
2.2.1 หลักการทำงานของท่อความร้อน.....	9
2.2.2 ข้อพิจารณาพื้นฐานในการออกแบบท่อความร้อน.....	10
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	13
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	13
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง.....	14
3.2.1 สมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกของโมดูล.....	14
3.2.2 ระบบน้ำหมุนเวียน.....	15
3.2.3 ระบบน้ำไหลผ่าน.....	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	19
4.1 สมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกของโมดูล.....	19
4.1.1 สัมประสิทธิ์ซีเบค.....	19
4.2 ระบบหมุนเวียนน้ำ.....	20
4.2.1 ผลของแรงดันไฟฟ้า.....	20
4.2.2 ผลของความเร็วลม.....	22
4.3 ระบบน้ำไหลผ่าน.....	23
4.2.1 ผลของแรงดันไฟฟ้า.....	23
4.2.2 ผลของความเร็วลม.....	24
4.4 อุณหภูมิผิวเทอร์โมอิเล็กทริก.....	25
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	27
บรรณานุกรม.....	28
ภาคผนวก.....	29
ภาคผนวก ก อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	30
ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการทดลอง.....	32
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณ.....	34

สารบัญตาราง

ตารางที่.....	หน้า
2.1 สารทำงานที่ใช้และช่วงอุณหภูมิใช้งาน.....	11
ข.1 อุณหภูมิน้ำเทียบกับเวลาที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V.....	32
ข.2 ความเย็นสะสมเทียบกับเวลาที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V.....	32
ข.3 อุณหภูมิน้ำเทียบกับเวลาที่ความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s.....	32
ข.4 ความเย็นสะสมเทียบกับเวลาที่ความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s.....	33
ข.5 ผลต่างอุณหภูมิน้ำที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12.....	33
ข.6 ผลต่างอุณหภูมิน้ำเทียบกับเวลาที่ความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s.....	33
ค.1 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น.....	34
ค.2 การคำนวณหาค่าความเย็นสะสม.....	35



สารบัญรูป

รูปที่.....	หน้า
2.1 ปราบการณชีเบคที่ปลายต่อโลหะ.....	3
2.2 ปราบการณเพลเทียที่ปลายต่อโลหะ.....	4
2.3 ปราบการณทอมสัน.....	5
2.4 แผนภาพการผลิตไฟฟ้า.....	7
2.5 แผนภาพการทำความเย็น	7
2.6 กลไกการทำงานของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกแบบคู่ควพี-เอ็น.....	8
2.7 ท่อความร้อน.....	9
3.1 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล รุ่น TEC1 -12706.....	13
3.2 ท่อความร้อนและพัคลม.....	13
3.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค.....	14
3.4 การทดลองผลของแรงดันไฟฟ้าในระบบน้ำหมุนเวียน.....	15
3.5 การทดลองผลของความเร็วลมในระบบน้ำหมุนเวียน.....	16
3.6 การทดลองผลของแรงดันไฟฟ้าในระบบน้ำไหลผ่าน.....	17
3.7 การทดลองผลของความเร็วลมในระบบน้ำไหลผ่าน.....	18
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์.....	19
4.2 อุณหภูมิน้ำเทียบกับเวลาที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V.....	20
4.3 ความเย็นสะสมเทียบกับเวลาที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V.....	20
4.4 อุณหภูมิน้ำเทียบกับเวลาที่ความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s.....	22
4.5 ความเย็นสะสมเทียบกับเวลาที่ความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s.....	22
4.6 ผลต่างอุณหภูมิน้ำขาเข้าออกเทียบกับเวลาที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V.....	23
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การทำความเย็นกับแรงดันไฟฟ้า.....	21
4.8 ผลต่างอุณหภูมิน้ำขาเข้าออกเทียบกับเวลาที่ความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s.....	24
4.9 อุณหภูมิผิวเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนและด้านเย็นที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V.....	25
4.10 อุณหภูมิผิวเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนและด้านเย็นที่ความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s.....	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่.....	หน้า
ก.1 สวิทชิงพาวเวอร์ซ์พหลาย.....	30
ก.2 บั้มน้ำ.....	30
ก.3 เทอร์โมคัปปเปล.....	30
ก.4 บลือกน้ำอูลูมิเนียม.....	30
ก.5 ชุดทดลองระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก.....	31



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric cooler) เป็นเทคโนโลยีการทำความเย็นอยู่ในสถานะของแข็ง โดยไม่มีการเปลี่ยนสถานะ ไม่ใช่สารเคมีทำความเย็นจึงไม่ก่อมลพิษ

เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีการปั๊มความร้อนจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว หมายความว่า จะมีด้านหนึ่งที่ร้อนและอีกด้านหนึ่งที่เย็น โดยเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกจะใช้ประโยชน์จากด้านเย็น ข้อดีของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกคือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ไม่เกิดมลพิษ และไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ยกเว้นพัดลมระบายระบายความร้อนขนาดเล็กสำหรับด้านร้อนเท่านั้น ทำให้เครื่องผลิตความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกเหมาะกับตู้แช่เย็นแบบพกพา และการระบายความร้อนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากการต้องใช้พัดลมระบายความร้อน ทำให้มีข้อจำกัดทั้งพื้นที่ในการติดตั้ง การใช้พลังงาน และการบำรุงรักษา ปรินซิเพิลของแผ่นนี้จึงได้ศึกษาการใช้ท่อความร้อน (Heat pipe) ในการระบายความร้อน ท่อความร้อนสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนหรือส่งถ่ายความร้อนได้ดีโดยไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก จึงทำให้ลดข้อจำกัดลงได้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก
- 1.2.2 ศึกษากระบวนการและประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกแบบระบบน้ำหมุนวนและระบบน้ำไหลผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาได้เลือกใช้เทอร์โมอิเล็กทริกและตัวแปรในการทดลองดังนี้

- 1.3.1 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลรุ่น TEC 12706
- 1.3.2 ระบบหมุนเวียนน้ำ 0.4 l และระบบน้ำไหลผ่าน 7 ml/s ที่อุณหภูมิห้อง
- 1.3.3 ความเร็วลมที่ใช้ 0.3 0.4 และ 0.5 m/s
- 1.3.4 แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 6 9 และ 12 V

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 ออกแบบและสร้างเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้ท่อความร้อน
- 1.4.3 สรุปผลการทดลองและจัดทำรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.5.1 เข้าใจหลักการการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็น
- 1.5.2 เข้าใจขั้นตอนในการทำวิจัย ทั้งการศึกษาค้นคว้า การทดลอง และการแก้ไขปัญหา
- 1.5.3 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานด้านระบบทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทอร์โมอิเล็กทริก

2.1.1 ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Effect) [1]

เป็นปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือในทางตรงกันข้าม พลังงานไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน โดยปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกสามารถอธิบายได้ตามหลักการทำงาน 3 ปรากฏการณ์สำคัญ คือ ปรากฏการณ์ซีเบค ปรากฏการณ์เพลเทียร์ และปรากฏการณ์ทอมสัน

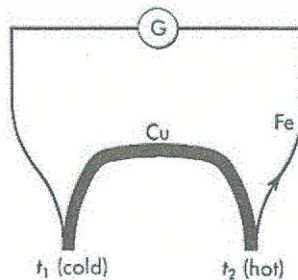
2.1.1.1 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)

เมื่อปลายทั้งสองที่เชื่อมต่อกันของขดลวดโลหะ ซึ่งทำมาจากโลหะ 2 ชนิดที่ต่างกัน ถูกรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Open Circuit Electromotive Force, E) ขึ้นในวงจร หรือเรียกว่า ซีเบคโวลท์เทจ (Seebeck Voltage) และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) โดยค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ สมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.1)

$$E = \alpha \cdot \Delta T \quad (2.1)$$

เมื่อ α คือค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค หน่วย โวลท์/เคลวิน (V/K)

ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck Coefficient) บอถึงความต่างศักย์ที่โลหะเหนี่ยวนำเมื่อเกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองของขดลวดต่างชนิดกันในวงจรแบบเปิด ณ อุณหภูมิที่กำหนด เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคมีค่าสูงขึ้นค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์ซีเบคที่ปลายรอยต่อโลหะ [1]

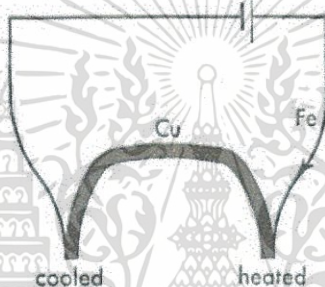
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect)

เมื่อทำการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในรอยต่อโลหะ 2 ชนิดที่เชื่อมต่อกัน ดังรูปที่ 2.2 ผลที่เกิดขึ้นคือ รอยต่อระหว่างโลหะด้านหนึ่งจะร้อนขึ้น ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเย็นลง อันเป็นกระบวนการเชิงอุณหพลศาสตร์ของพาหะประจุที่เคลื่อนที่พร้อมนำความร้อนจากด้านเย็นไปยังด้านร้อนของรอยต่อไอห์มมิก เรียกว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier effect)

$$\dot{Q}_{Peltier} = \pi \cdot \Delta T \quad (2.2)$$

เมื่อ π คือค่าสัมประสิทธิ์เพลเทียร์ หน่วย วัตต์/แอมแปร์ (W/A)



รูปที่ 2.2 ปรากฏการณ์เพลเทียร์ที่ปลายรอยต่อโลหะ [1]

2.1.1.3 ปรากฏการณ์ทอมสัน (Thomson effect)

เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดการปล่อยความร้อนหรือดูดความร้อนเมื่อมีการให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวัสดุที่มีเกรเดียนต์ของอุณหภูมิ โดยการปล่อยความร้อนหรือดูดความร้อนจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุและทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวัสดุ ดังรูปที่ 2.3 ดังนั้นความร้อนตามปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ความร้อนทอมสัน ($Q_{Thomson}$) หน่วย J และอัตราความร้อนทอมสัน ($\dot{Q}_{Thomson}$) หน่วย W จึงได้ว่าอัตราความร้อนทอมสันคืออัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสไฟฟ้า (I_E) และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT) สามารถแสดงเป็นสมการที่ 2.3

$$\dot{Q}_{Thomson} = \tau \cdot I \cdot \Delta T \quad (2.3)$$

เมื่อ τ คือ สัมประสิทธิ์ทอมสัน (Thomson coefficient) หน่วยโวลต์ต่อเคลวิน (V/K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาการทอมสัน [1]

2.1.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปฏิกิริยาการทอมสัน [4]

ในปี ค.ศ. 1854 William Thomson หรือต่อมารู้จักกันในนาม Lord Kelvin ใช้กฎข้อที่ 1 และ 2 ของเทอร์โมไดนามิก (Thermodynamic) สร้างสมการแสดงความเชื่อมโยงระหว่างทั้ง 3 ปฏิกิริยาการทอมสันศึกษาเรียกว่า ความสัมพันธ์ทอมสัน (Thomson relationship) มี 2 ข้อด้วยกันดังนี้ ความสัมพันธ์ทอมสันข้อที่ 1 (1st Thomson relation)

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคและสัมประสิทธิ์เพลเทียร์

$$\pi = \alpha \cdot \Delta T \quad (2.3)$$

ความสัมพันธ์ทอมสันข้อที่ 2 (2nd Thomson relation)

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ทอมสันและสัมประสิทธิ์เพลเทียร์

$$\tau = T \cdot \frac{d\alpha}{dT} \quad (2.4)$$

รวมสมการ (2.2) ของปรากฏการณ์เพลเทียร์เข้ากับสมการ (2.3) ของความสัมพันธ์ทอมสันข้อที่ 1 ได้

$$\dot{Q}_{Peltier} = \alpha \cdot I \cdot \Delta T \quad (2.5)$$

สมการ (2.5) หมายถึงพลังงานความร้อนสามารถถูกสร้างได้จากปรากฏการณ์ซีเบค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

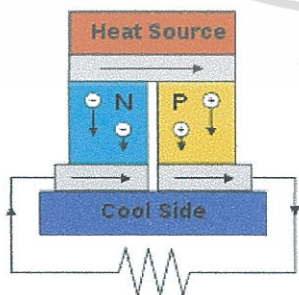
2.1.2 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก

การประกอบ “วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก” ให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำไปใช้งานเป็นแหล่งพลังงานได้ เรียกว่า “เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล (Thermoelectric module)” เริ่มต้นจากการนำวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก ชนิดเอ็น (N type) และชนิดพี (P type) ขึ้นเล็กๆ มาต่อกันเป็นคู่ๆ โดยวางสลับกัน และมีโลหะขนาดเล็กเชื่อมต่อทั้งคู่เข้าด้วยกัน ซึ่งแต่ละคู่ที่ต่อกันจะมีการเชื่อมต่อกันแบบอนุกรมทางไฟฟ้าตั้งแต่ตัวแรกถึงตัวสุดท้าย เมื่อนำมาต่อเข้ากับโหลด (Load) หากมีกระแสไฟฟ้าไหลก็จะครบวงจรพอดี ที่ด้านบนและด้านล่างถูกประกบด้วยแผ่นเซรามิค การทำงานแบ่งเป็น 2 โหมดดังนี้

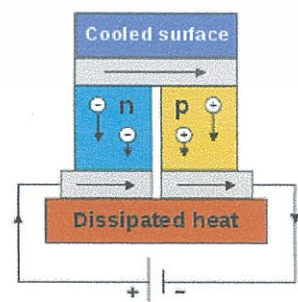
1) โหมดผลิตไฟฟ้า (Generator) โดยให้ความต่างของอุณหภูมิบนแผ่นเซรามิคด้านบนและด้านล่างทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลเนื่องจากพาหะเอ็นและพีในสารกึ่งตัวนำเหล่านั้น ในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นซึ่งมีพาหะข้างมากเป็นอิเล็กตรอน (Electron) หรือประจุลบ เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่าง การไหลของความร้อนจะทำให้เกิดการไหลของพาหะข้างมากเหล่านั้น อิเล็กตรอนจะไหลจากผิวด้านบนไปสู่ด้านล่าง ส่วนในสารกึ่งตัวนำชนิดพี มีพาหะข้างมากเป็นโฮล (Hole) หรือประจุบวก เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่าง โฮลก็จะไหลจากผิวด้านบนไปด้านล่างเช่นเดียวกัน ดังนั้นทิศทางของกระแสไฟฟ้าในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจึงไหลตามกันไปทิศทางเดียวกันดังรูปที่ 2.4

2) โหมดผลิตความเย็น (Cooler)

เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจะทำให้เกิดความร้อนและความเย็นเกิดขึ้นที่ผิวด้านบนและด้านล่าง แสดงในรูปที่ 2.5 เมื่อมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอก เช่น แบตเตอรี่ จะทำให้เกิดความแตกต่างของความร้อนและความเย็นที่ผิวแต่ละด้าน เนื่องจากกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของพาหะข้างมากซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดการนำความร้อนจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง

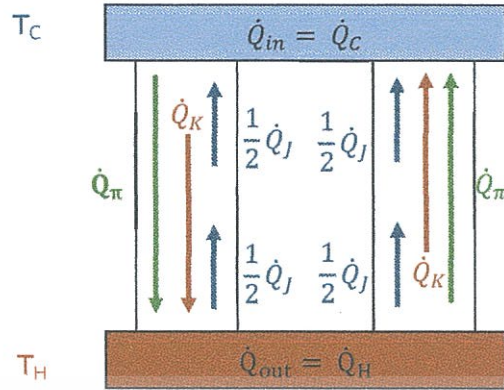


รูปที่ 2.4 แผนภาพโหมดผลิตกระแสไฟฟ้า [1]



รูปที่ 2.5 แผนภาพโหมดผลิตความเย็น [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กลไกการทำงานของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกแบบคู่ควบพี-เอ็น

พิจารณาจากรูปที่ 2.6

อัตราการดูดพลังงานความร้อน

$$\begin{aligned} \dot{Q}_C &= \dot{Q}_\pi + \dot{Q}_K + \dot{Q}_J \\ &= \alpha I T_C + K(T_H - T_C) + 0.5 I^2 R \end{aligned} \quad (2.9)$$

อัตราการคายพลังงานความร้อน

$$\begin{aligned} \dot{Q}_H &= \dot{Q}_\pi + \dot{Q}_K - \dot{Q}_J \\ &= \alpha I T_H - K(T_H - T_C) + 0.5 I^2 R \end{aligned} \quad (2.10)$$

กำลังไฟฟ้า

$$P = IV \quad (2.11)$$

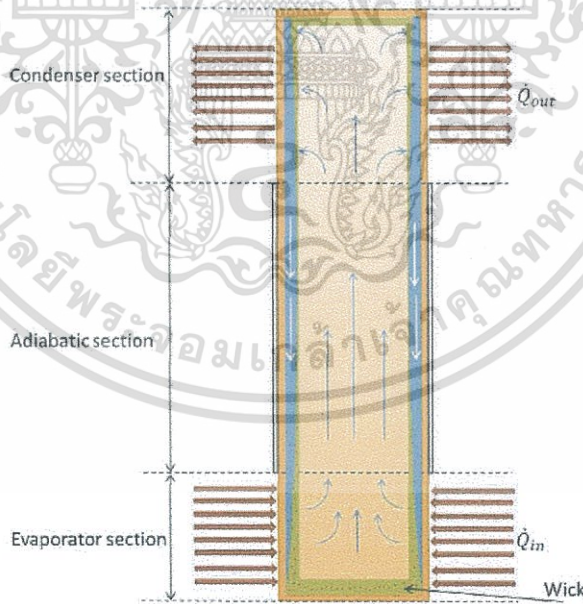
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ท่อความร้อน (Heat Pipe)

ท่อความร้อน คืออุปกรณ์อย่างง่ายซึ่งมีความสามารถถ่ายเทความร้อนจากจุดหนึ่งไปยังจุดอื่นได้รวดเร็วมากโดยไม่มีการสูญเสียความร้อนขณะถ่ายเท

2.2.1 หลักการทำงานของท่อความร้อน

ท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถถ่ายเทความร้อนที่อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อน โดยการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารที่บรรจุอยู่ภายในท่อที่เป็นสุญญากาศ มีส่วนโครงสร้างวัสดุพรุนหรือไส้ (Wick) ในบริเวณผนังผิวในของท่อและมีการทำงานคือของไหลที่อยู่ภายในท่อ เมื่อได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอจากส่วนทำระเหย (Evaporator section) และนำเอาความร้อนนั้นส่งถ่ายจากส่วนแรกไปถ่ายเทยังส่วนที่เย็นกว่าเรียกว่าส่วนควบแน่น (Condenser section) จากนั้นไอจะควบแน่นกลายเป็นของเหลวอีกครั้งและไหลกลับสู่ปลายท่อที่ร้อนส่วนทำระเหยด้วยแรงดึงแคพิลลารี (capillary force) อีกครั้งเป็นวัฏจักรและจากค่าความร้อนแฝงของการระเหยของของไหลที่มีค่าสูงมาก ดังนั้นท่อความร้อนจึงมีการถ่ายเทความร้อนได้สูง ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ท่อความร้อน [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ข้อพิจารณาพื้นฐานในการออกแบบท่อความร้อน

มีส่วนประกอบพื้นฐาน 3 อย่างของท่อความร้อน คือ ตัวท่อ (Container) สารทำงาน (Working fluid) และส่วนโครงสร้างวัสดุพรุนหรือไส้ (Wick หรือ Capillary structure)

2.2.2.1 ตัวท่อ (Container)

ตัวท่อมี่หน้าที่แยกของไหลทำงานออกจากบรรยากาศไม่ให้เกิดการรั่วเพื่อรักษาความแตกต่างของแรงดันและทำให้สามารถถ่ายเทความร้อนในส่วนที่ต้องการมาของไหลภายในได้ ส่วนการเลือกวัสดุที่ใช้ทำตัวท่อนั้นขึ้นกับองค์ประกอบดังนี้

- ความสามารถที่เข้ากันได้ของวัสดุต่อของไหลและบรรยากาศโดยไม่ทำปฏิกิริยากัน
- อัตราส่วนความเค้นต่อน้ำหนักควรมีค่าสูง
- มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง เพราะทำให้ถ่ายเทความร้อนได้ดี
- การผลิตประกอบโลหะ สามารถเชื่อมได้ สามารถตกแต่งด้วยเครื่องจักร เช่น การกลึง
- วัสดุจะต้องไม่มีความพรุนเพื่อป้องกันการระเหยของไอ
- ความสามารถในการเปียกของน้ำของสารหรือวัสดุ

2.2.2.2 สารบรรจุใช้งาน (Working fluid)

ประเด็นแรกที่พิจารณาสำหรับความเหมาะสมของสารบรรจุใช้งาน คือ ช่วงอุณหภูมิที่กลายเป็นไอและอื่นๆคือ

- สามารถใช้ร่วมงานกันได้และไม่ทำปฏิกิริยากันหรือกัดกร่อนกับไส้และวัสดุตัวท่อ
- ความสามารถในการเปียกของน้ำของสารหรือวัสดุ (Wettability)
- มีค่าแรงดันไอไม่สูงหรือต่ำกว่าในช่วงอุณหภูมิใช้งาน
- มีค่าความร้อนแฝงสูง
- มีค่าอุณหภูมิจุดไหลเทที่เหมาะสม

การเลือกสารทำงานต้องเป็นไปตามหลักอุณหพลศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ขีดจำกัดของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในท่อความร้อน ความหนืด คลื่นเสียงและระดับการเดือด การออกแบบท่อความร้อนนั้นของไหลที่ใช้ต้องมีค่าแรงตึงผิวสูง เพราะจะทำให้ท่อความร้อนสามารถทำงานได้โดยแรงโน้มถ่วงเกิดแรงขับไหลสูง ดังนั้นการเพิ่มค่าแรงตึงผิวของสารทำงานมีความจำเป็นต่อการสัมผัสกับต่อไส้และผิวผนังตัวท่อ คือมุมสัมผัสควรเป็นศูนย์หรือมีค่าน้อยที่สุด สารทำงานควรมีค่าความร้อนแฝงสูง เพราะจะถ่ายเทปริมาณความร้อนได้สูงที่ปริมาณการไหลน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งยังต้องมีค่าการนำความร้อนสูงด้วยเพราะจะทำให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีค่าน้อย (Radial temperature gradient) และลดการเดือดที่เกิดขึ้นกับไส้และผนังตัวท่อ ส่วนการต้านการไหลให้มิต่ำน้อยที่สุดโดยเลือกสารทำงานที่มีค่าความหนืดต่ำ ซึ่งสารทำงานที่ใช้แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สารทำงานที่ใช้และช่วงอุณหภูมิใช้งาน

สารทำงาน	อุณหภูมิจุดหลอมเหลว (°C)	อุณหภูมิจุดเดือดที่ ความดันบรรยากาศ (°C)	ช่วงอุณหภูมิใช้งาน (°C)
อีเลียม	-271	-261	-271 ถึง -269
ไนโตรเจน	-210	-196	-203 ถึง -160
แอมโมเนีย	-78	-33	-60 ถึง 100
อะซีโตน	-95	57	0 ถึง 120
เมทานอล	-98	64	10 ถึง 130
เอทานอล	-112	78	0 ถึง 130
น้ำ	0	100	30 ถึง 200
ทูโลอิน	-95	110	50 ถึง 200
ปรอท	-39	361	250 ถึง 650
โซเดียม	98	892	600 ถึง 1,200
ลิเทียม	179	1,340	1,000 ถึง 1,800
เงิน	960	2,212	1,800 ถึง 2,300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3 ส่วนโครงสร้างวัสดุพูนภายในหรือไส้ (Wick)

ในท่อความร้อนจะมีไส้เป็นตัวดูดซับของเหลวกลับสู่ส่วนรับความร้อน โดยใช้หลักการหลอดรูเล็ก (Capillary tube) ไส้จะต้องเป็นวัสดุที่มีลักษณะรูพูนอาจทำจาก เหล็ก อลูมิเนียม นิกเกิล เซรามิก หรือทองแดง ซึ่งมีขนาดของรูพูนหลากหลายโดยทั่วไปจะทำจากเซรามิกและในการเลือกวัสดุพูนสำหรับท่อความร้อนนั้นขึ้นกับหลายปัจจัยซึ่งจะพิจารณาจากคุณสมบัติของสารที่บรรจุไส้มีหน้าที่ทำให้เกิดแรงดันต้านการไหลของของไหลทำงานที่ไหลจากส่วนควบแน่น (Condenser) ไปยังส่วนระเหย (Evaporator) ซึ่งจะทำการกระจายรอบส่วนระเหยเพื่อรับความร้อน โดยแรงดันต้านการไหลจะมีค่ามากขึ้นเมื่อจำนวนวัสดุพูนมีมากและรูพูนมีขนาดเล็ก การถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุของท่อความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาของวัสดุพูนและความต้านทานความร้อนรวมที่ส่วนระเหยจะขึ้นกับความสามารถในการนำความร้อนของของไหลทำงาน ชนิดของไส้ที่ใช้กันทั่วไปคือผงเซรามิก ใช้ท่อผนังเกลียวอยู่ภายในท่อและตะแกรง (Screen Mesh)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยเรื่องเครื่องทำน้ำเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกและการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ของเหลวของชุดระบายความร้อนที่มีครีขนาดเล็ที่มีและไม่มีเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับซีพียูของคอมพิวเตอร์ [1] พบว่าการทำความเย็นระบบเทอร์โมอิเล็กทริกนั้น มีความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นต่ำกว่าระบบแบบอัดไอ เมื่อเปรียบเทียบในภาระงานเดียวกัน อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนกับความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยเมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะลดลงไปแบบผกผัน

บทที่ 3

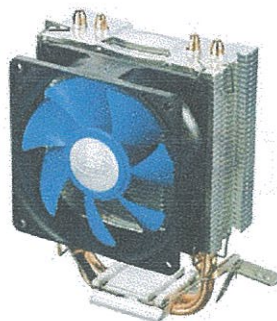
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลรุ่น TEC1-12706
- 2) พาวเวอร์ซัพพลาย 12 V 10 A
- 3) ท่อความร้อน (Heat pipe)
- 4) เทอร์โมคัปเปิลแบบถ่านกระดุม
- 5) มัลติมิเตอร์
- 6) พัดลม



รูปที่ 3.1 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล รุ่น TEC1 - 12706



รูปที่ 3.2 ท่อความร้อนและพัดลม

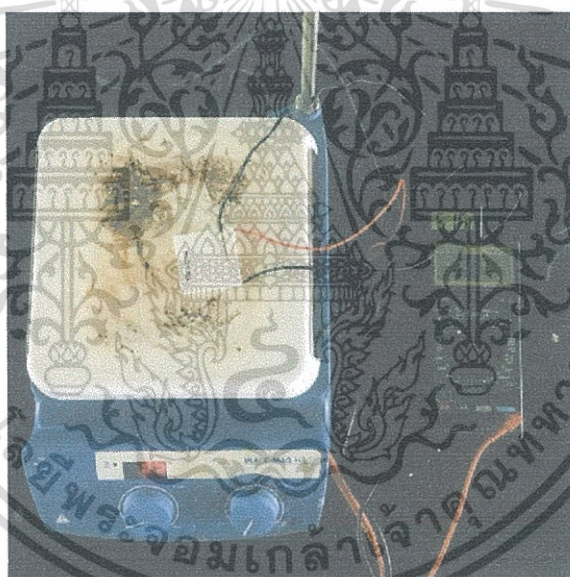
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 การศึกษาสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกของโมดูล

3.2.1.1 สัมประสิทธิ์ซีเบค

- 1) ให้ความร้อนกับโมดูลโดยใช้เตาให้ความร้อน (Hot plate) กำหนดอุณหภูมิโมดูลด้านร้อนเป็น 35 40 45 และ 50 °C
- 2) วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และอุณหภูมิโมดูลด้านเย็น
- 3) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและผลต่างอุณหภูมิโมดูลระหว่างด้านร้อนกับด้านเย็นโดยความชันของกราฟจะแสดงค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค



รูปที่ 3.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การศึกษาการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียน

3.2.2.1 ผลของแรงดันไฟฟ้า

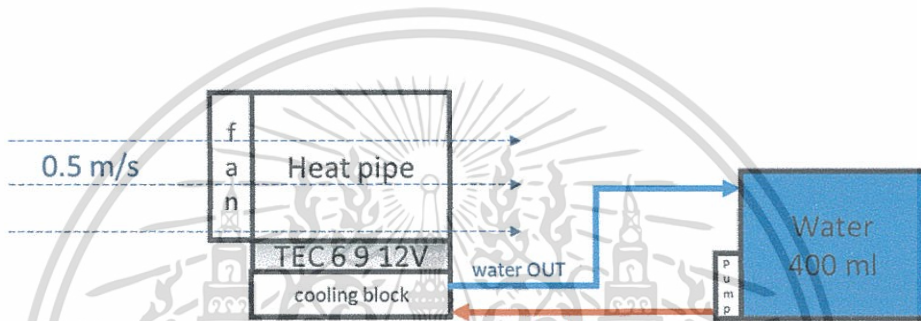
ชุดการทดลองแสดงในรูปที่ 3.4 โดยมีตัวแปรในการทดลองดังนี้

ตัวแปรต้น : แรงดันไฟฟ้า 6.9 และ 12 V

ตัวแปรตาม : อุณหภูมิน้ำ

ตัวแปรควบคุม : น้ำ 0.4 l

ความเร็วลม 0.5 m/s



รูปที่ 3.4 การทดลองผลของแรงดันไฟฟ้าในระบบน้ำหมุนเวียน

ขั้นตอนการทดลอง

- 1) น้ำ 0.4 l ที่อุณหภูมิห้อง ใส่ภาชนะที่เป็นฉนวน
- 2) โมดูลด้านร้อนใช้ต่อความร้อน ระบายความร้อนด้วยความเร็วลม 0.5 m/s
- 3) ปรับแรงดันไฟฟ้าที่ 6.9 และ 12 V ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิผิวโมดูลด้านร้อน

อุณหภูมิผิวโมดูลด้านเย็น และอุณหภูมิน้ำทุก 10 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำคงที่

3.2.2.2 ผลของความเร็วมวล

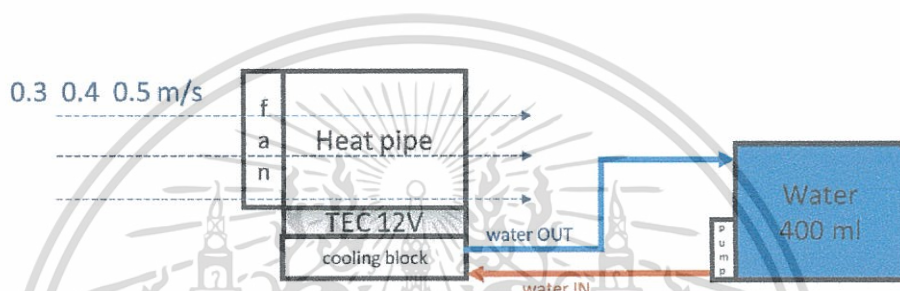
ชุดการทดลองแสดงในรูปที่ 3.5 โดยมีตัวแปรในการทดลองดังนี้

ตัวแปรต้น : ความเร็วมวล 0.3 0.4 และ 0.5 m/s

ตัวแปรตาม : อุณหภูมิน้ำ

ตัวแปรควบคุม : น้ำ 0.4 ลิ

แรงดันไฟฟ้า 12 V



รูปที่ 3.5 การทดลองผลของความเร็วมวลในระบบน้ำหมุนเวียน

ขั้นตอนการทดลอง

- 1.) น้ำ 0.4 ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง ใส่ภาชนะที่เป็นฉนวน
- 2.) โมดูลด้านร้อนใช้ทำความร้อนเป็นตัวระบายความร้อนจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 12 V
- 3.) ปรับความเร็วมวลที่ 0.3 0.4 และ 0.5 m/s ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำทุก 10 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิน้ำคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การศึกษาการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ระบบน้ำไหลผ่าน

3.2.3.1 ผลของแรงดันไฟฟ้า

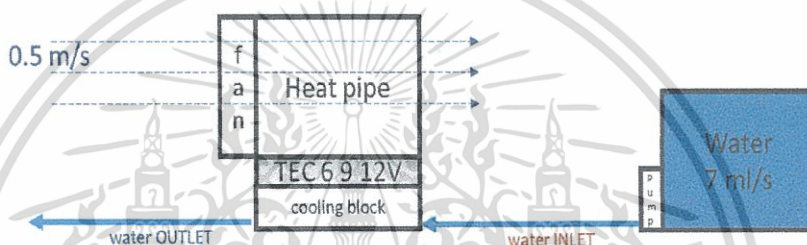
ชุดการทดลองแสดงในรูปที่ 3.6 โดยมีตัวแปรในการทดลองดังนี้

ตัวแปรต้น : แรงดันไฟฟ้า 6.9 และ 12 V

ตัวแปรตาม : อุณหภูมิน้ำขาออก

ตัวแปรควบคุม : อัตราการไหลของน้ำ 7 ml/s

ความเร็วลม 0.5 m/s



รูปที่ 3.6 การทดลองผลของแรงดันไฟฟ้าในระบบน้ำไหลผ่าน

ขั้นตอนการทดลอง

- 1) อัตราการไหลของน้ำ 7 ml/s ที่อุณหภูมิห้อง ใส่ภาชนะที่เป็นฉนวน
- 2) โมดูลด้านร้อนใช้ท่อความร้อน ระบายความร้อนด้วยความเร็วลม 0.5 m/s
- 3) ปรับแรงดันไฟฟ้าที่ 6.9 และ 12 V ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิผิวโมดูลด้านร้อน อุณหภูมิผิวโมดูลด้านเย็น และอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำคงที่

3.2.3.2 ผลของความเร็วม

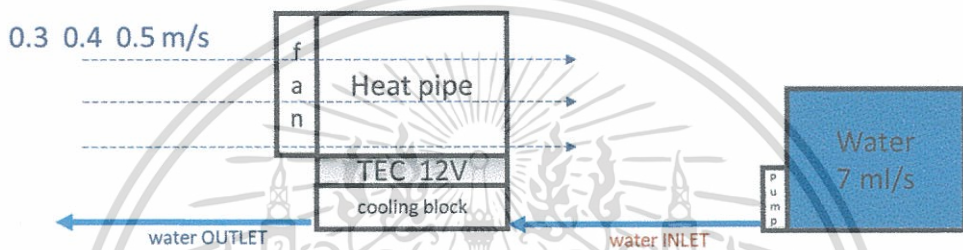
ชุดการทดลองแสดงในรูปที่ 3.7 โดยมีตัวแปรในการทดลองดังนี้

ตัวแปรต้น : ความเร็วม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s

ตัวแปรตาม : อุณหภูมิน้ำขาออก

ตัวแปรควบคุม : อัตราการไหลของน้ำ 7 ml/s

แรงดันไฟฟ้า 12 V



รูปที่ 3.7 การทดลองผลของความเร็วมในระบบน้ำไหลผ่าน

ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ใช้อัตราการไหลของน้ำ 7 ml/s ที่อุณหภูมิห้อง
- 2) โมดูลด้านร้อนใช้ให้ความร้อนเป็นตัวระบายความร้อนจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 12 V
- 3) ปรับความเร็วมที่ 0.3 0.4 และ 0.5 m/s ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิผิว

อุณหภูมิน้ำขาเข้า อุณหภูมิน้ำขาออก ทุก 1 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำไม่เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

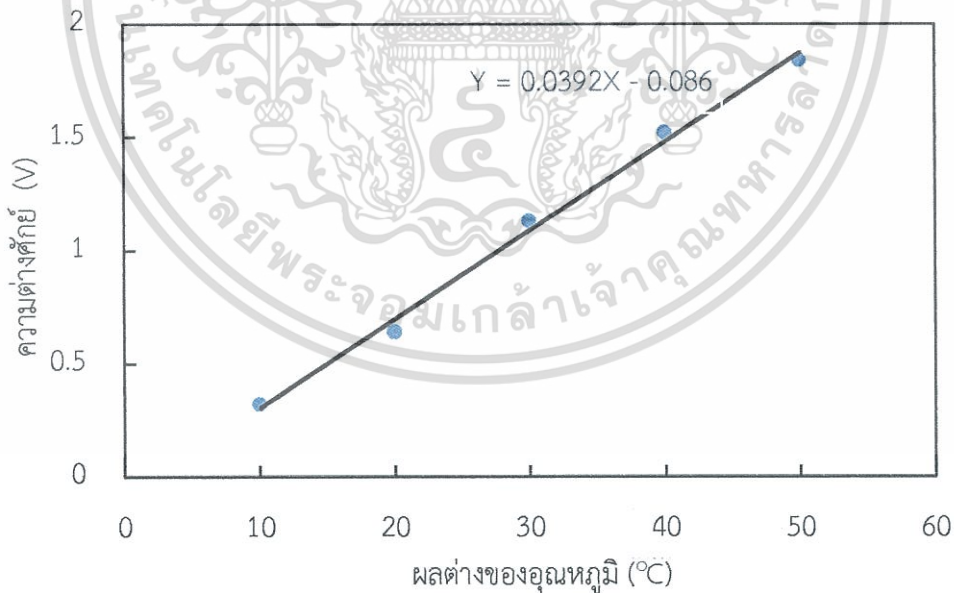
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

จากวัตถุประสงค์การศึกษาและขอบเขตการวิจัยได้กล่าวถึงปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ผลของแรงดันไฟฟ้า 6 V และ 12 V และความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s ที่ระบบหมุนเวียนน้ำและระบบน้ำไหลผ่าน

4.1 คุณสมบัติพื้นฐานเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

4.1.1 สัมประสิทธิ์ซีเบค

เมื่อวัดค่าของผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวและค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าวงจรเปิดที่เกิดขึ้นและนำมาเขียนกราฟจะสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคได้จากความชันของกราฟรูปที่ 4.1



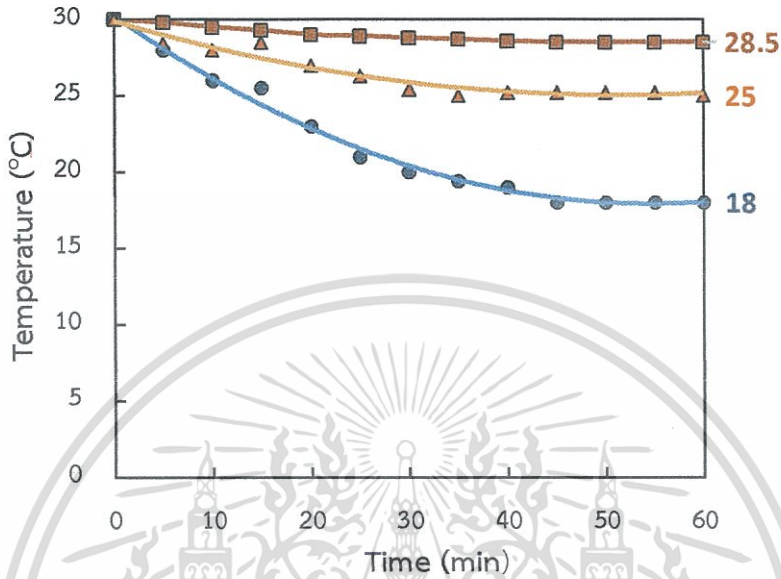
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของเทอร์โมอิเล็กทริกส์

จากรูปที่ 4.1 พบว่าเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล จะมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคเท่ากับ 39.20 mV/ °C

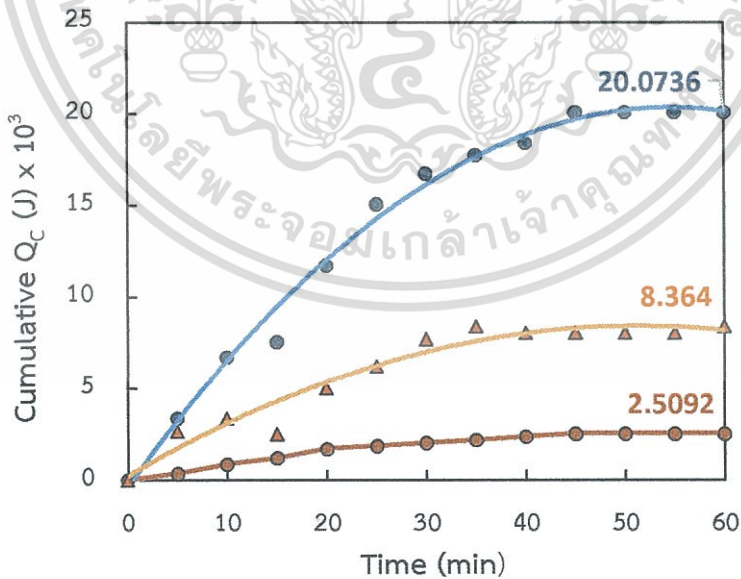
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลจากการศึกษาการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ระบบหมวนเวียนน้ำ

4.2.1 ผลของแรงดันไฟฟ้า



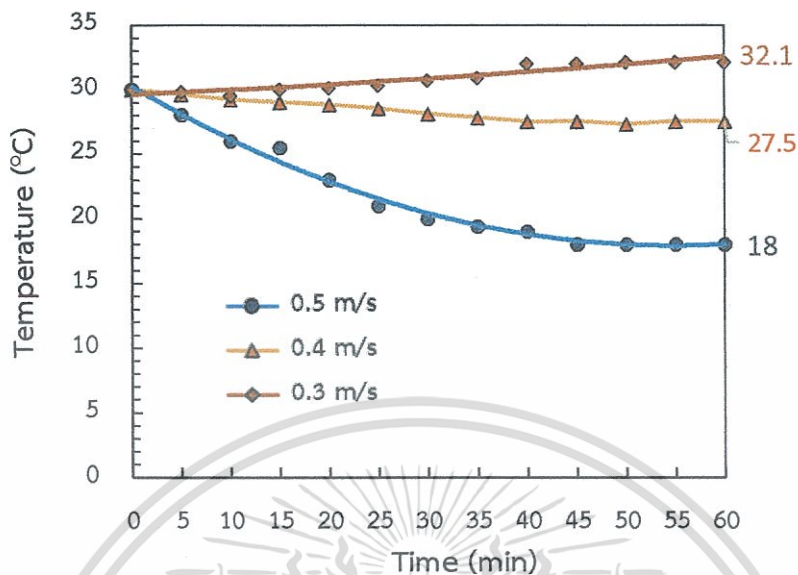
รูปที่ 4.2 อุณหภูมิน้ำเทียบกับเวลาที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V



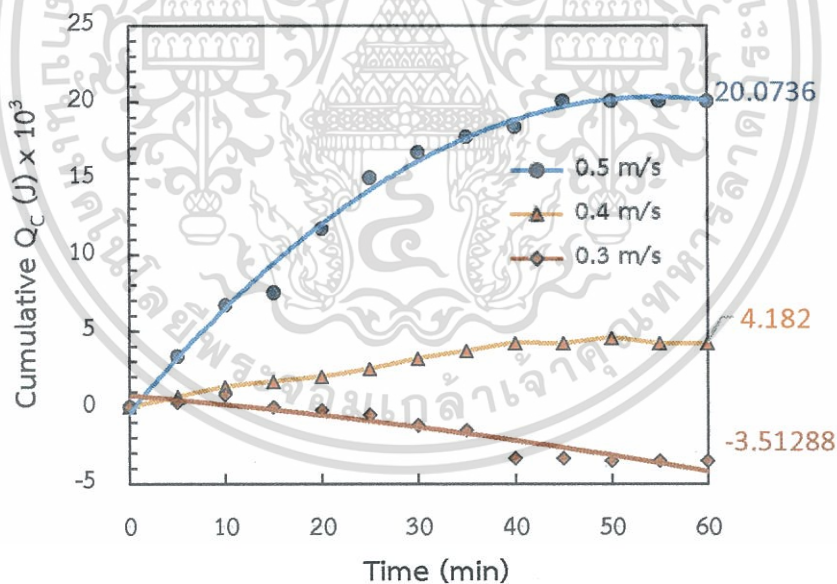
รูปที่ 4.3 ความเย็นสะสมเทียบกับเวลาที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลของความเร็วม



รูปที่ 4.4 อุณหภูมิน้ำเทียบกับเวลาที่ความเร็วม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s



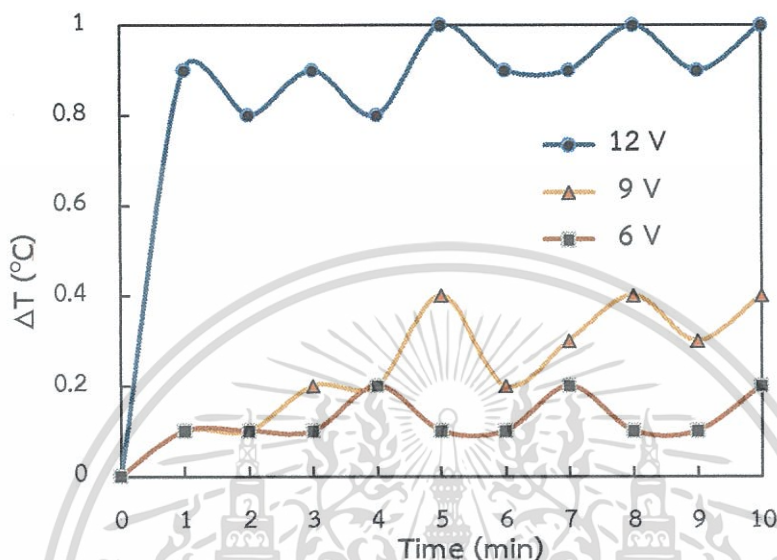
รูปที่ 4.5 ความเย็นสะสมเทียบกับเวลาที่ความเร็วม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s

จากรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วมให้แก่ความร้อน อุณหภูมิน้ำจะลดลงและความเย็นสะสมจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ที่ความเร็วม 0.3 m/s ทำให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น 2.1 °C เพราะระดับความเร็วมนี้ไม่สามารถระบายความร้อนที่เกิดจากโมดูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลจากการศึกษาการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ระบบน้ำไหลผ่าน

4.3.1 ผลของแรงดันไฟฟ้า



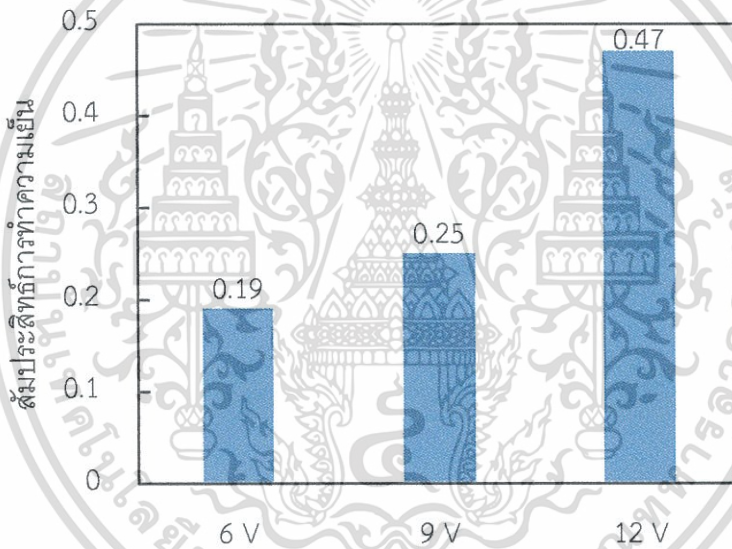
รูปที่ 4.6 ผลต่างอุณหภูมิน้ำขาเข้าออกเทียบกับเวลาที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V

จากรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อเพิ่มค่าการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกผลต่างอุณหภูมิน้ำขาเข้าออกจะเพิ่มขึ้นนอกจากนี้ที่แรงดัน 12 V อุณหภูมิน้ำจะเข้าสู่สภาวะคงตัวเร็วกว่าแรงดัน 6 และ 9 V เพราะเวลาในการเรียงตัวของอิเล็กตรอนในโมดูลจะขึ้นกับปริมาณแรงดันไฟฟ้าทำให้แรงดัน 12 V เข้าสู่สภาวะคงตัวนาที่ที่ 1 แต่ที่แรงดัน 6 และ 9 V เข้าสู่สภาวะคงตัวนาที่ที่ 4

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า ΔT ที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยมาก ทำให้ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองมีสูง อาจใช้ได้เพียงอธิบายแนวโน้มของผลการทดลอง

จากรูปที่ 4.6 พบว่า เมื่อเพิ่มค่าการจ่ายแรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิน้ำจะลดลง ในการพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมของการจ่ายแรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิน้ำเย็นที่ทำได้และเวลาที่ใช้ในการทำความเย็นคือส่วนสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณา และได้นำข้อมูลจากการทดลองมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็น โดยที่ในการทดลองแต่ละครั้งจะมีการเก็บค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า เพื่อคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปโดยนำข้อมูลต่าง ๆ มาบันทึกลงในตารางเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลได้ดังตารางผนวกที่ 7

จากตารางผนวกที่ ค.1 และรูปที่ 4.6 แสดงถึงข้อมูลของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดอุณหภูมิน้ำลงมาเทียบกับค่าการจ่ายแรงดันไฟฟ้า จากนั้นได้นำข้อมูลมาเขียนกราฟเพื่อแสดงแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็นนำไปใช้เพื่อพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมของการจ่ายแรงดันไฟฟ้า

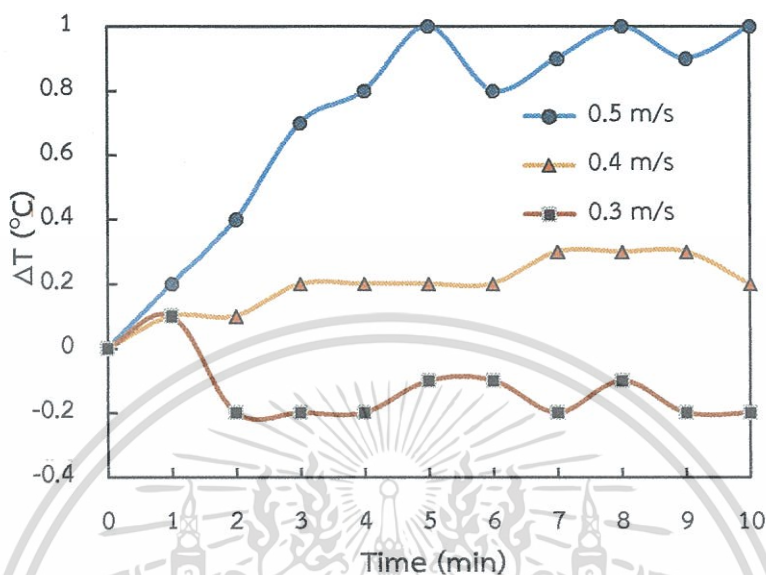


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การทำความเย็นกับแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.7 พบว่าการเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าให้แก่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็นเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลของความเร็วม



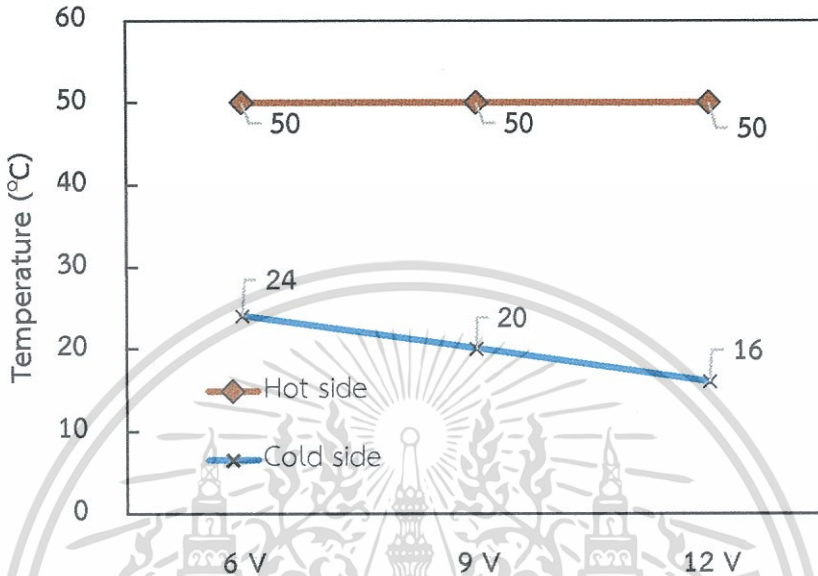
รูปที่ 4.8 ผลต่างอุณหภูมิน้ำขาเข้าออกเทียบกับเวลาที่ความเร็วม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s

จากรูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วมให้แก่อุณหภูมิ ผลต่างอุณหภูมิน้ำขาเข้าออกจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ที่ความเร็วม 0.3 m/s ทำให้ผลต่างอุณหภูมิน้ำขาออกติดลบ 0.2 °C เพราะระดับความเร็วมนี้ไม่สามารถระบายความร้อนที่เกิดจากโมดูลได้ ทำให้อุณหภูมิที่ผิวโมดูลด้านเย็นมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิน้ำ

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า ΔT ที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยมาก ทำให้ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองมีสูง อาจใช้ได้เพียงอธิบายแนวโน้มของผลการทดลอง

4.4 อุณหภูมิผิวเทอร์โมอิเล็กทริก

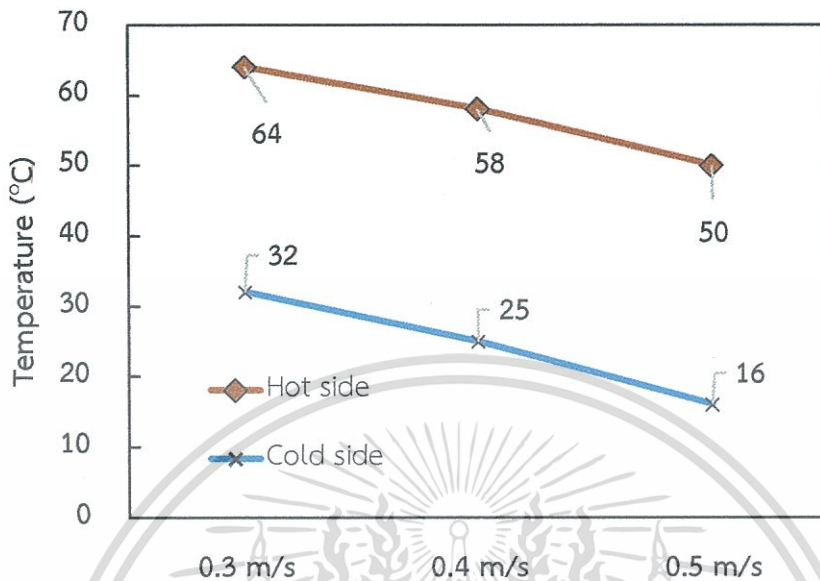
4.4.1 ผลของแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 4.9 อุณหภูมิผิวเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนและด้านเย็นที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V ที่ความเร็วลม 0.5 m/s

จากรูปที่ 4.9 พบว่า เมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าอุณหภูมิผิวเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็นลดลง แต่อุณหภูมิผิวด้านร้อนคงที่ ทำให้ผลต่างอุณหภูมิผิวเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนและด้านเย็นมากขึ้น เนื่องจากความร้อนแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าแปรผันตรงกับปริมาณอิเล็กตรอน ดังนั้นการเพิ่มแรงดันไฟฟ้า ทำให้อิเล็กตรอนขนถ่ายความร้อนได้มากขึ้น

4.4.2 ผลของความเร็วม



รูปที่ 4.10 อุณหภูมิผิวเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนและด้านเย็นที่ความเร็วม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s ที่แรงดันไฟฟ้า 12 V

จากรูปที่ 4.10 พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วมให้แก่ท่อความร้อน อุณหภูมิผิวเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนและด้านเย็นจะลดลง ทว่าผลต่างอุณหภูมิผิวเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนและด้านเย็นจะคงที่ เนื่องจากที่ความเร็วมต่ำทำให้อุณหภูมิผิวด้านร้อนไม่สามารถระบายความร้อนได้ทัน ทำให้เกิดเกรเดียนต์ระหว่างผิวด้านร้อนกับผิวด้านเย็น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกจากการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ท่อความร้อน ซึ่งมีตัวแปรคือแรงดันไฟฟ้าและความเร็วลม ศึกษาโดยแบ่งเป็น 2 ระบบคือ ระบบน้ำไหลเวียนเพื่อศึกษาการทำความเย็นระบบปิด และระบบน้ำไหลผ่านเพื่อศึกษาการระบายความร้อน จากผลการทดลองพบว่าทั้ง 2 ระบบเมื่อมีการเพิ่มความเร็วม และแรงดันไฟฟ้าจะสามารถทำความเย็นได้มากขึ้น โดยแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมเท่ากับ 12 V และความเร็วมที่เหมาะสม เท่ากับ 0.5 m/s ทว่าถ้าความเร็วมต่ำกว่า 0.3 m/s จะไม่สามารถทำความเย็นได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกกับกล่องระบายความร้อนนั้น เนื่องจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นมีขนาดเล็ก และการติดตั้งต้องให้มีการสัมผัสแนบสนิท จึงต้องมีการทาซิลิโคนสำหรับช่วยในการนำความร้อน การทาซิลิโคนต้องมีความหนาเพียงเล็กน้อย และต้องทาซิลิโคนใหม่ทุกครั้งที่มีการแยกแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกออก

5.2.2 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีข้อจำกัดในด้านของพื้นที่ทำความเย็น ดังนั้นวัสดุที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนควรมีความหนาของวัสดุน้อย เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำความเย็นให้มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] สมาคม วิศวกรเครื่องกลไทย. การศึกษางานวิจัยเรื่องเครื่องทำน้ำเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกและ การถ่ายเทความร้อนโดยใช้ของเหลวของชุดระบายความร้อนที่มีครีบนานาอนุภาคที่มีและไม่มีเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับซีพียูของคอมพิวเตอร์. (ออนไลน์). สืบค้นจาก<http://me.psu.ac.th>
- [2] Guo, S. W., Bin, S., & Zhen, H. L. (2010). Operation characteristics of cylindrical miniature grooved heat pipe using aqueous CuO nanofluids. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 34, 1415-1421.
- [3] Paisarn, N., Dithapong, T., & Pichai, A. (2009). Heat pipe efficiency enhancement with refrigerantnanoparticles mixtures. *Energy Conversion and Management*, 50, 772-776.
- [4] สุวิทย์ ปุณณชัยยะ และคณะ. รายงานฉบับสมบูรณ์ งานศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพทางเทคโนโลยีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยความร้อนเหลือทิ้งขนาด 100 วัตต์. ศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ธันวาคม 2549.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



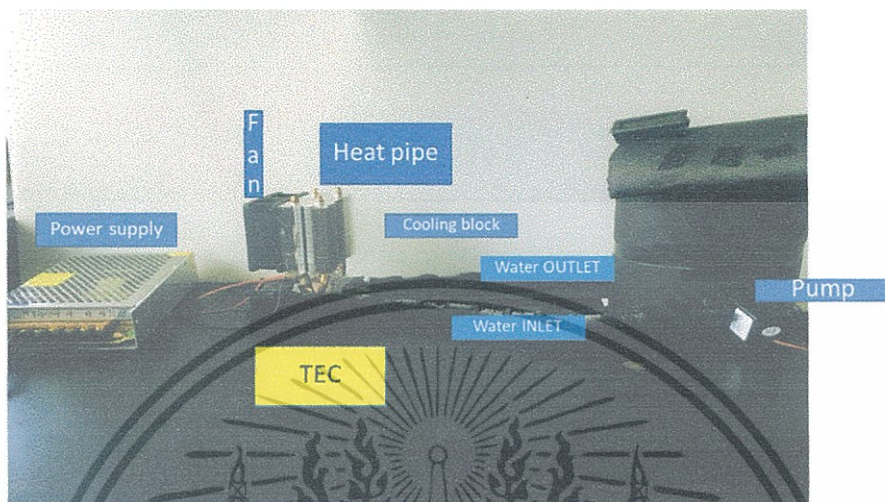
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์และชุดการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ชุดการทดลองระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตารางบันทึกผลการทดลอง

1. ระบบหมუნเวียนน้ำ 0.4 L ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 30 °C

ตารางที่ ข.1 อุณหภูมิน้ำเทียบกับเวลาที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V

เวลา (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
อุณหภูมิ (°C)	12 V	30.0	28.0	26.0	25.5	23.0	21.0	20.0	19.4	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	9 V	30.0	28.4	28.0	28.5	27.0	26.3	25.4	25.0	25.2	25.2	25.2	25.2	25.0
	6 V	30.0	29.8	29.5	29.3	29.0	28.9	28.8	28.7	28.6	28.5	28.5	28.5	28.5

ตารางที่ ข.2 ความเย็นสะสมเทียบกับเวลาที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V

เวลา (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
$Q_c (J) \times 10^3$	12 V	0.0	3.3	6.7	7.5	11.7	15.1	16.7	17.7	18.4	20.1	20.1	20.1	20.1
	9 V	0.0	2.7	3.3	2.5	5.0	6.2	7.7	8.4	8.0	8.0	8.0	8.0	8.4
	6 V	0.0	0.3	0.8	1.2	1.7	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.5	2.5	2.5

ตารางที่ ข.3 อุณหภูมิน้ำเทียบกับเวลาที่ความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s

เวลา (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
อุณหภูมิ (°C)	0.3 m/s	30.0	28.0	26.0	25.5	23.0	21.0	20.0	19.4	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	0.4 m/s	30.0	29.6	29.2	29.0	28.8	28.5	28.1	27.8	27.5	27.5	27.3	27.5	27.5
	0.5 m/s	30.0	29.8	29.5	30.0	30.1	30.3	30.7	30.9	32.0	32.0	32.1	32.1	32.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ความเย็นสะสมเทียบเวลาที่ความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s

เวลา (min)		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$Q_c (U) \times 10^3$	0.3 m/s	0	3.3	6.6	7.5	11.7	15.0	16.7	17.7	18.4	20.0	20.0	20.0	20.0
	0.4 m/s	0	0.6	1.3	1.6	2.0	2.5	3.1	3.6	4.1	4.1	4.5	4.1	4.1
	0.5 m/s	0	0.3	0.8	0	-0.1	-0.5	-1.2	-1.5	-3.3	-3.3	-3.5	-3.5	-3.5

2. ระบบน้ำไหลผ่าน 7 m/s ที่อุณหภูมิน้ำเข้า 30 °C

ตารางที่ ข.5 ผลต่างอุณหภูมิน้ำขาเข้าออกเทียบกับเวลาและปริมาณความเย็น ณ สภาวะคงตัวที่แรงดันไฟฟ้า 6 9 และ 12 V

เวลา (min)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Q_{steady}
ΔT (°C)	12 V	0	0.9	0.8	0.9	0.8	1	0.9	0.9	1	0.9	1	0.28 W
	9 V	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.10 W
	6 V	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.05 W

ตารางผนวกที่ ข.6 ผลต่างอุณหภูมิน้ำขาเข้าออกเทียบกับเวลาและปริมาณความเย็น ณ สภาวะคงตัว ที่ความเร็วลม 0.3 0.4 และ 0.5 m/s

เวลา (min)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Q_{steady}
ΔT (°C)	12 V	0	0.2	0.4	0.7	0.8	1	0.8	0.9	1	0.9	1	0.30 W
	9 V	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.08 W
	6 V	0	0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.02 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น

ตารางที่ ค.1 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น

V (V)	I (A)	P (W)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	Q (W)	ค่าสัมประสิทธิ์ การทำความเย็น
12	5.2	62.4	1.0	29.4	0.47
9	3.9	35.1	0.4	8.8	0.25
6	2.6	15.6	0.2	2.9	0.19

1) หา Q_c จากสมการ $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

$$= 7 \text{ kg/s} \cdot 4.181 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}) \cdot 12 ^{\circ}\text{C}$$

$$= 29.4 \text{ W}$$

2) หา P จากสมการ $P = I \cdot V$

$$= 5.2 \text{ A} \cdot 12 \text{ V}$$

$$= 62.4 \text{ W}$$

3) หาค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็นจากสมการ $= \frac{Q_c}{P}$

$$= \frac{29.4 \text{ W}}{62.4 \text{ W}}$$

$$= 0.47$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคำนวณหาค่าความเย็นสะสม

ตารางที่ ค.2 การคำนวณหาค่าความเย็นสะสม

เวลา (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
อุณหภูมิ (°C)	30	28	26	25.5	23	21	20	19.4	19	18	18	18	18
Cumulative Q _c (J)	0.0	3.3	6.7	7.5	11.7	15.1	16.7	17.7	18.4	20.1	20.1	20.1	20.1

1) อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปช่วงเวลาที่ 20 ถึง นาทีที่ 25 ประมาณ 2 °C

2) ความเย็นสะสมเวลาที่ 25

$$\begin{aligned} \text{cumulative } Q_c &= \sum m.c.\Delta T \\ &= m.c.(T_{20}-T_0) + m.c.(T_{25}-T_{20}) \\ &= 0.4 \text{ kg} \cdot 4.181 \text{ J}/(\text{kg}.\text{°C}) \cdot 7 \text{ °C} \\ &\quad + 0.4 \text{ kg} \cdot 4.181 \text{ J}/(\text{kg}.\text{°C}) \cdot 2 \text{ °C} \\ &= 15 \text{ J} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้